محرك الاحتراق الداخلى

INTERNAL COMBUSTION ENGINE



الأستاذ الدكتور
السعيد رمضان العشرى
جامعة الإسكندرية

الأجهزة المساعدة للمحرك

مكتبة بستان المعرفة
طباعة ونشر و توزيع الكتب
٠١٢/١١٥١٢٣٧-٠٤٥/٢٢٢٤٢٢٨

محـرك الاحتراق الداخلي

(الأجهزة المساعدة للمحرك)

محرك الاحتراق الداخلي

(الأجهزة المساعدة للمحرك)

الأستاذ الدكتور

السعيد رمضان العشري

جامعة الإسكندرية

2010

مكتبة بستان المعرفة

لطباعة ونشر وتوزيع الكتب

٠١٢/ ١١٥١٢٣٧&٠٤٥/٢٢١١٤٩٥.ت

العنوان	محرك الاحتراق الداخلي (2)
اسم المؤلف	أ.د. السعيد رمضان العشري
رقم الإيداع	٢٣٤٣٠ /٢٠٠٩ ...
الترقيم الدولي	I.S.B.N. 977 - 393- 077 - 7
الناشر	مكتبة بستان المعرفة.
	كفر الدوار ـ الحدائق ـ ٨٦ ش الحدائق أمام أبراج الحلواني
	☎: ٠٤٥/٢٢١١٤٩٥ الإسكندرية ٠١٢١١٥١٢٣٧
	Email: Boston_elma3rafa @ yahoo.com



سُبْحَانَ الَّذِي سَخَّرَ لَنَا هَذَا
وَمَا كُنَّا لَهُ مُقْرِنِينَ،
وَإِنَّا إِلَى رَبِّنَا لَمُنْقَلِبُونَ

صدق الله العظيم

مقدمة

تفتقر المكتبة العربية لكثير من الكتب الفنية التي تعتبر كمراجع ومصادر للمعرفة والبحث، وإيماناً منا بأهمية توفير مراجع عن محرك الاحتراق الداخلي باللغة العربية، عملنا على إعداد هذه السلسلة والتي تغطى كافة نواحي ومجالات محركات الاحتراق الداخلي لتكون عوناً لأعزائنا طلبة الكليات والمعاهد الفنية وجميع المشتغلين في هذا المجال. تشتمل هذا السلسلة على أساسيات محركات الاحتراق الداخلي وأنواعها وأجزائها وتشمل وقود المحركات ونظريات احتراقه وكذلك الأجهزة المساعدة لمحرك وشرح واف لأداء واختبار صيانة وإصلاح المحركات، وإدراكا لأهمية معرفة المصطلحات العلمية أضفنا في نهاية كل جزء ملحق يشتمل على مرجع مصغراً عن مصطلحات الواردة فيه.

وتتناول السلسلة أربع أجزاء :الجزء الأول يتناول أنواع محركات الاحتراق الداخلي ومكوناته ونظريات تشغيله ويتناول الجزء الثاني الأجهزة المساعدة للمحرك ويتناول الجزء الثالث وقود المحركات ونظريات احتراقه. أما الجزء الرابع فيتناول عمليات صيانة وإصلاح المحرك.

وهذا الجزء (الأجهزة المساعدة للمحرك) يتضمن بابه الأول أجهزة الوقود في محركات الاشتعال بالشرارة والباب الثاني يتضمن شرح لجهاز الوقود في محركات الاشتعال بالضغط. إما الباب الثالث فنستعرض فيه فكرة عامة عن جهاز الحاكم في المحرك ويتضمن الباب الرابع شرح لجهازي السحب والعادم في المحركات، أما الباب الخامس فيشمل شرح لجهاز التزييت في المحركات ويتضمن الباب السادس شرح لجهاز التبريد إما الباب السابع والأخير فيتضمن شرح للدوائر الكهربية في المحرك .

ولا يفوتنى هنا أن أتقدم بعظيم الشكر والتقدير إلى اساتذتى الأفاضل الذين تعلمت على أيديهم وكان لمؤلفاتهم ونصائحهم ولما قدموه من عون أكبر الأثر في سبيل إنجاز هذه السلسلة. وكلى أمل في أن أكون قد وفقت في جمع وترتيب المادة العلمية حتى يصبح بمثابة إضافة مفيدة للمكتبة العلمية العربية. ونأمل في النهاية أن يحقق هذا الكتاب هدفه ويلقى قبول وتقدير أساتذتي والقارئ الكريم.

ومع بذل من جهود كبيرة في هذا الكتاب لإخراجه بأفضل صورة إلا أن أي عمل بشرى لا يخلو من النقص والخطأ. وإذ أتمنى أن أكون قد وفقت بتقديمه على هذه الصورة فأنني أرحب بأي اقتراحات من قبل القارئ الكريم حتى يمكن الأخذ بها في الإصدارات المستقبلية إن شاء الله.

وفى الختام نتقدم بخالص الشكر لكل من قدم لنا الجهد والمشورة لإخراج هذا العمل بهذه الصورة وأملنا كبير في وجه الله تعالى أن يكون هذا العمل نعم العون للدارسين والعاملين في هذا المجال، ونسأل الله سبحانه وتعالى التوفيق والسداد.

والله ولى التوفيق

أ.د/ السعيد رمضان العشري

الباب الأول

جهاز الوقود في محركات الاشتعال بالشرارة

"محركات البنزين"

Fuel System in Spark Ignition Engine

الباب الأول (Chapter 1)

جهاز الوقود في محركات الاشتعال بالشرارة (محركات البنزين)
Fuel System in Spark Ignition Engine

مقدمة

يعتمد أداء محرك الاحتراق الداخلي إلى حد كبير عن طريقة تهيئة الظروف المناسبة لإشعال الوقود داخل المحرك وتنقسم محركات الاحتراق الداخلي طبقاً لنوع الوقود إلى محركات ديزل Diesel Engine ومحركات بنزين. وفى هذا الباب نستعرض جهاز الوقود في محركات البنزين Petrol Gasoline Engine التي تعتمد على شرارة كهربائية تقوم بإشعال الوقود لهذا السبب تسمى محركات الاشتعال بالشرارة Spark Ignition Engine (SIE).

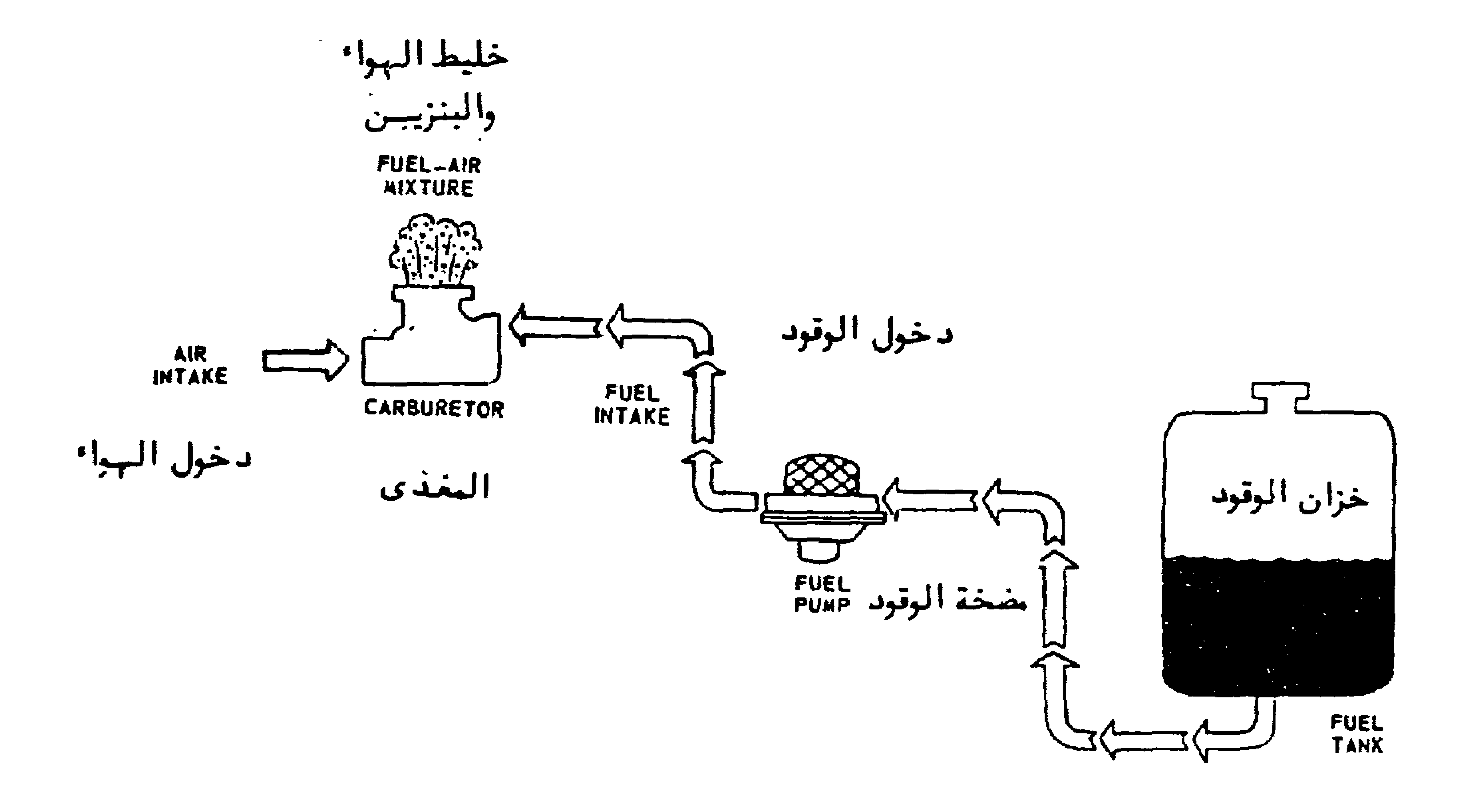
البنزين (الجازولين) هو الاسم المستعمل حاليا كوقود للمحركات الاشتعال بالشرارة ، وهو يعتبر من أهم نواتج تقطير زيت البترول، ويزداد، ويمثل الجازولين نحو 40 – 45 ٪ من زيت البترول وهو ينتج أما بالتقطير المباشر للبترول الخام أما عن طريق بعض العمليات الأخرى غير المباشرة مثل عمليات التكسير والبلمرة وغيرها.

ويتكون الجازولين من خليط من عدة هيدروكربونات، تتكون جزيئاتها من سلاسل قصيرة من الكربون، ويتراوح عدد ذرات الكربون في كل سلسلة من خمس ذرات إلى تسع أو عشر ذرات، ولا تزيد درجة غليانه في أغلب الحالات على 100 C. ويستهلك 90٪ من الجازولين المنتج على المستوى العالمي، في إدارة محركات السيارات والشاحنات والجرارات بينما يستهلك القدر الباقي وهو لا يزيد على 10٪ في إدارة محركات الطائرات وغيرها من الآلات.

يستعمل البنزين مع الهواء كخليط في اسطوانة محرك الاحتراق الداخلي حيث يتم الاشتعال بالشرارة تحت ظروف ضغط وحرارة معينة وبشكل متوالي مبتدئا من شمعة الاشتعال وفي مثل هذه الحالة يظهر صوت إرتطام مسموع على شكل دقات أو فرقعة بسبب نشوء الاحتراق اللحظي وإن هذه الحالة إذا كانت كثيفة فإن لها تأثيراً سيئا على قدرة المحرك، ولمقاومة ذلك يعالج بالعدد الاوكتاني وهو مقياس لميل الوقود لمقاومة الاحتراق بالفرقعة وهذا العدد هو قياس بدون وحدات مبني على مركبين هيدروكربونيين هما الهبتان الاعتيادي (برافين مشبع) C_7H_{16} له عدد أوكتاني يساوي صفراً والآيزو أوكتان C_8H_{18} له عدد أوكتاني قيمته 100 ويتم الاختبار في محرك خاص. العدد الذي يسمى به البنزين مثلاً 90, 92 و 96 أو 98 المحسن هو يمثل نسبة الآيزو اوكتان والباقي هو هبتان تضاف للبنزين مواد اخرى منها مركبات الرصاص وحالياً منعت بسبب الحفاظ على البيئة و تضاف ايضاً الملونات.

مكونات جهاز الوقود في محركات البنزين

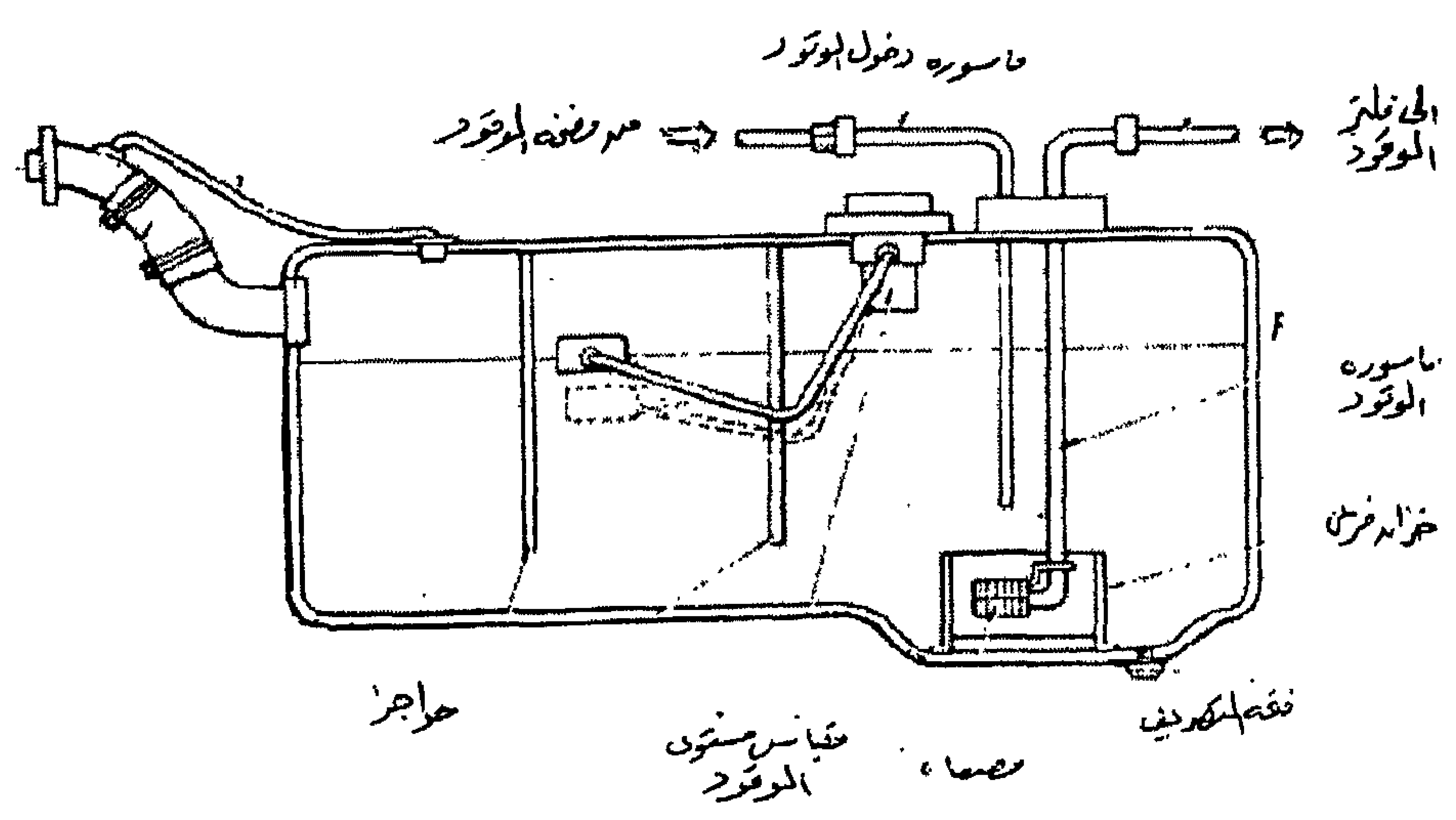
في محركات الاشتعال بالشرارة يتم تحضير خليط الوقود و الهواء خارج اسطوانة، لذلك فهناك اختلاف في دورة الوقود في محركات الاشتعال بالشرارة عن محركات الديزل، ووظيفة جهاز الوقود هو إمداد المحرك بخليط الهواء والوقود بكميه مناسبة وتوزيع المخلوط بانتظام على كل اسطوانة، وتتكون دورة الوقود العاديـة في محركـات البنـزين كمـا في شـكل (1-1) مـن الأجـزاء الآتيـة: خزان الوقود Fuel tank، مضخة الوقود Fuel pump، المرشحات (الفلاتر) Filters، وحدة خلط البنزين والهواء فى المحركات القديمة تسمى وحدة الخلط بالمغذى (الكربراتير) Carburetor . وفى المحركات الحديثة يوجد بها نظام بديل للمغذى يستخدم للتحكم في بخار البنزين لخفض الاستهلاك والتقليل من تلوث الجو.



شكل (1- 1): دورة الوقود في محركات الاشتعال بالشرارة

خزان الوقود Fuel Tank

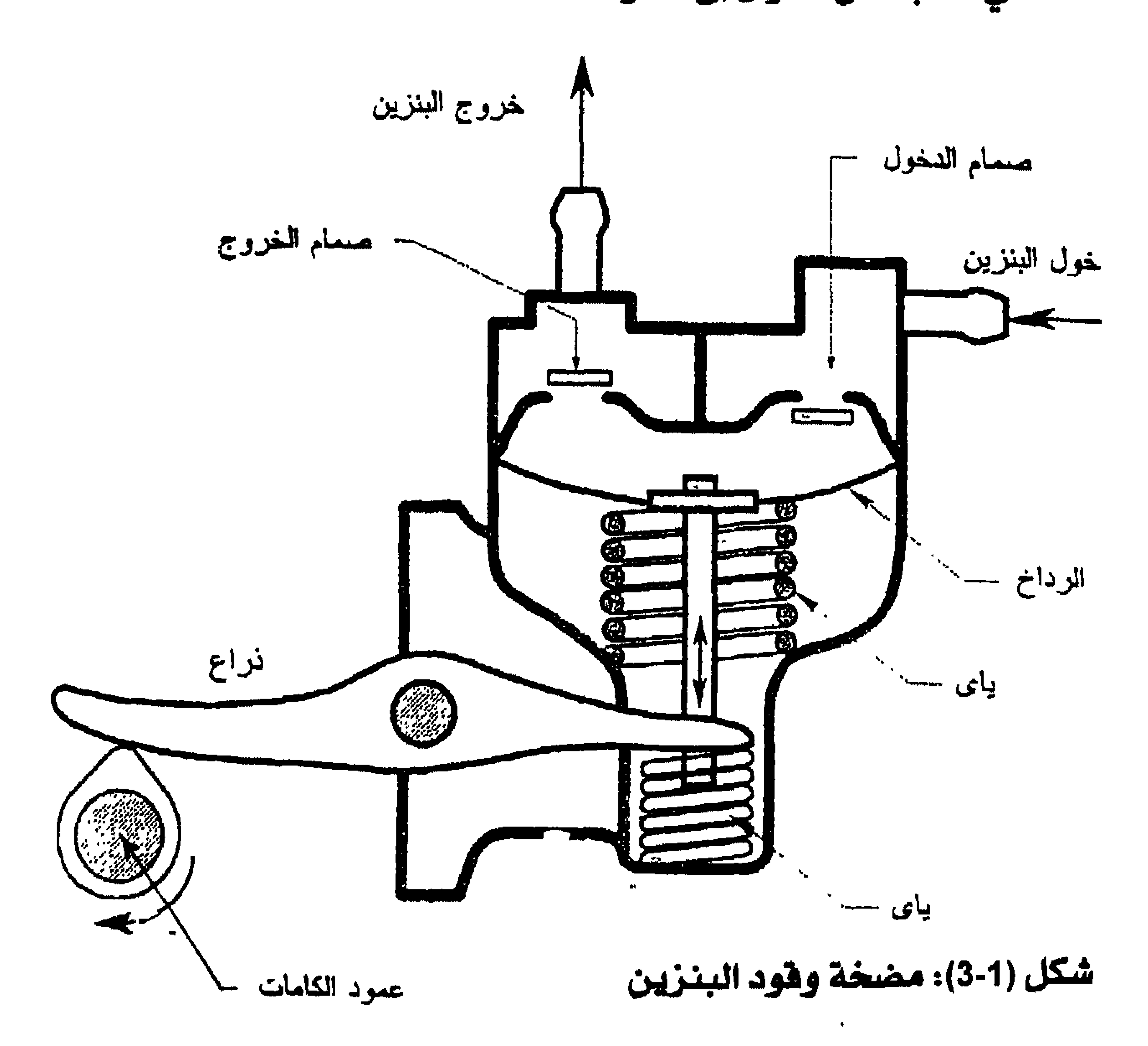
يصنع الخزان من ألواح معدنية يتم تشكيلها من سبيكة من الرصاص أو القصدير لمنع الصدأ، و البعض الأخر من هذه الخزانات يصنع من مواد بلاستيكية مثل البولي اثيلين. و تختلف سعة الخزان حسب نوع و حجم المحرك، ومن الطبيعي أن يتم تهوية غطاء الخزان للسماح بدخول الهواء عند سحب الوقود .و تتسبب الأغطية التي تغلق فتحة التهوية فيها في تحطيم الخزان تحت الضغط الجوي عند سحب الوقود. وتخرج من الخزان أنبوبة بغطاء لملأه بالبنزين ويلاحظ وجود خرطوم بلاستيك متصل بها يسمى بفتحة الفائض (الراجع) للتهوية أثناء عملية الملأ كما توجد فتحة أخرى أسفل الخزان تخرج منها أنبوبة من النحاس لإمداد المحرك بالبنزين و توضع فتحة سحب الوقود أعلى قليلا من قاع الخزان لتجنب سحب الماء و المواد المترسبة التي قد تكون في قاع الخزان .و توجد فتحة أخرى في قاع الخزان لسحب الماء و المواد المترسبة كل فترة زمنية ، ويوجد في الجزء العلوي من الخزان جزء من مقياس مستوى الوقود تعرف بوحدة الخزان ، وفى معظم السيارات توجد فتحة مغطاة في قاع حقيبة السيارة يمكن من خلالها غطاء هذه المجموعة الكشف على خزان الوقود ويمكن صيانتها وإصلاحها أو استبدالها إذا حدث بها أي عطل. ويوضح شكل (1-2) نموذج لخزان الوقود لمحركات البنزين .



شكل (1-2): خزان الوقود لمحركات البنزين

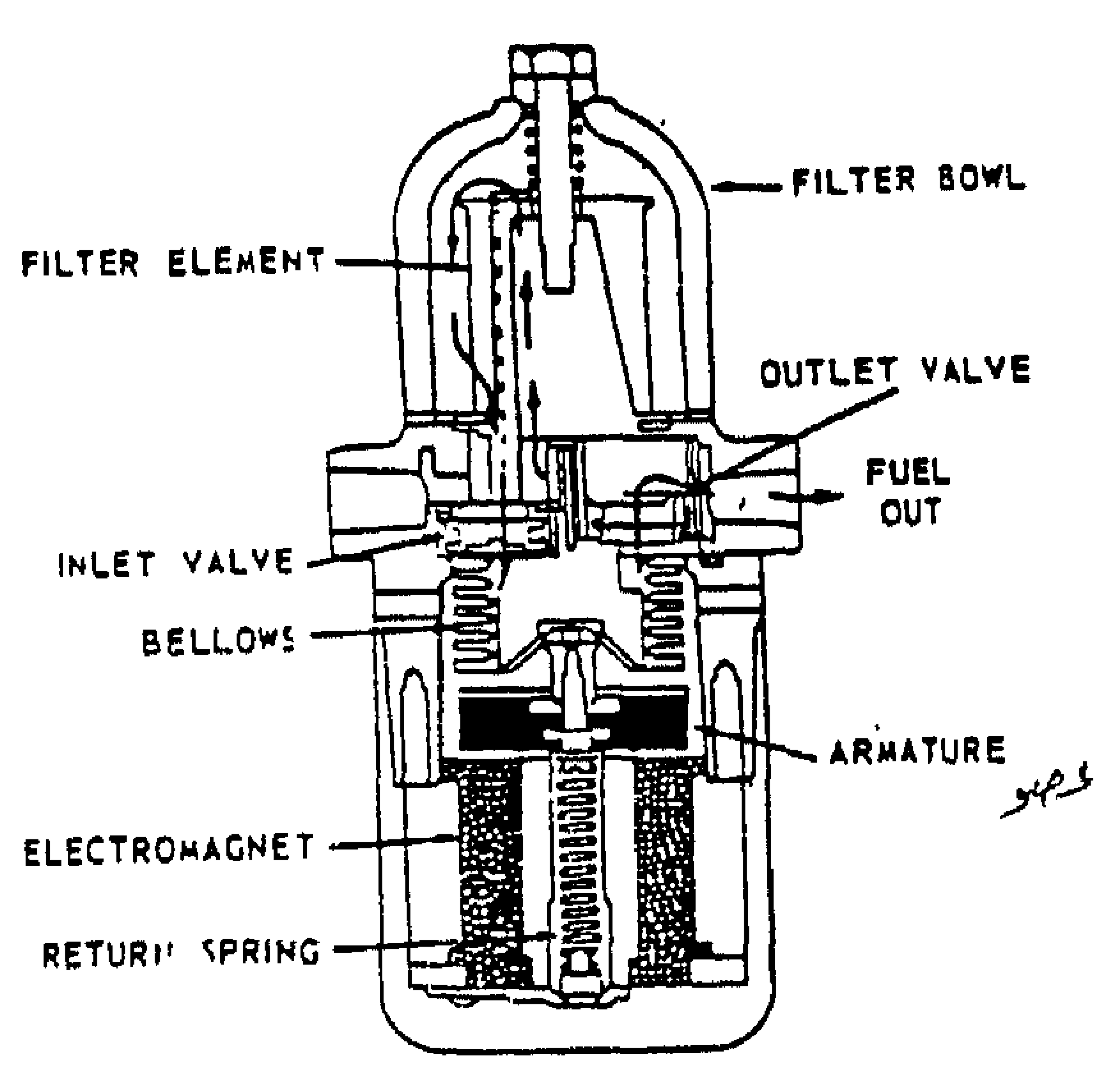
مضخة الوقود Fuel Pump

تستخدم مضخة الوقود بغرض دفع الوقود من الخزان إلى المغذى بحيث تقوم مضخة الوقود بإمداد المغذى بكميات الوقود التي يحتاجها وتأخذ المضخة حركتها من عمود الكامات بواسطة قرص لا مركزي. ويوضح شكل (1-3) مضخة الوقود يستخدم معها قرص معدني رقيق (ر داخ) يقوم بوظيفة المكبس، ويهتز هذا القرص إلى أعلى والى أسفل بمقدار 6 مم تقريبا بتأثير كامة تؤثر على طرف رافعه مرتكزة على محور فعندما يؤثر انف الكامة على الرافعة فأنها تتحرك حول المحور جاذبه معها ذراع السحب إلى أسفل فيضغط (اليـاي) ويتحرك الرادخ إلى أسفل فيحدث تفريغ جزئي فوقه يعمل على فتح صمام الدخول، ويسحب البنزين عن طريق ماسورة التغذية. وعندما يزول تأثير الكامة على الرافعة يندفع القرص إلى أعلى بتأثير الياي ضاغطا على البنزين ويدفعه إلى فتحة الخروج عن طريق صمام الخروج. ويلاحظ أن صمامين الدخول والخروج ذو اتجاه لإجبار البنزين على المرور فقط في الاتجاه من الخزان إلى المحرك.



شكل (1-3): مضخة وقود البنزين

في بعض الأحيان تزود محركات البنزين بمضخات وقود كهربائية تدار بالكهرباء. وتتميز هذه المضخات بأنه يمكن تراكيبها في اى موضع بالنسبة للمحرك فضلا عن أنها تبدأ في العمل بمجرد توصيل الدائرة الكهربائية للمحرك، اى قبل بدء حركة المحرك نفسه. ويستخدم في الحالات التي تكون المضخة الميكانيكية غير ملائمة من الناحية العملية. وهى تشبه المضخة ذات القرص المعدني، ولذلك فطريقة عملها لا تختلف إلا في ميكانيكية أدائها. ويوضح شكل (1-4) رسما تخطيطيا لمضخة وقود كهربائية، فعندما يتصل المغناطيس الكهربائي Electromagnet بالبطارية (بتوصيل مفتاح دائرة الإشعال) فانه يدفع عضو الاستنتاج Armature إلى أسفل وبذلك يتمدد المنفاخ المعدني Bellows فيحدث تخلخل ويدخل الوقود إليه وعندما يصل إلى نهاية حركته إلى أسفل تفتح مجموعة قطعتي اتصال مما يفصل المغناطيس الكهربي عن البطارية ويندفع عضو الاستنتاج إلى أعلى بواسطة ياي فيضغط المنفاخ، مما ينتج عنه خروج الوقود خلال صمام الخروج Outlet Valve ومن ثم إلى المحرك، وعندما يصل عضو الاستنتاج إلى النهاية العليا لحركته تقفل قطعتا الاتصال وبذلك يتصل المغناطيس الكهربي بالدائرة الكهربية وتعمل الطاقة المغناطيسية على جذب عضو الاستنتاج إلى أسفل ثانية. وتتكرر هذه العملية ما دام مفتاح الإشعال مقفلا.



شكل (1-4): مضخة وقود البنزين الكهربائية

فلتر الوقود لمحركات البنزين Fuel Filter

يوجد فلتر البنزين بين المضخة و الكربراتير ويعتمد في نظرية عمله على نوع - خاص من ورق الترشيح الذي ينفذ فيه البنزين فقط ويحجز الشوائب والرمال والأتربة والماء ويشكل ورق الترشيح على شكل زجزاج (بهدف زيادة مساحة الترشيح وإطالة عمر الفلتر) داخل علبه من البلاستيك كما هو موضح في شكل (1-5)..و يتم توصيل الفلتر بكل من المضخة و الكربراتير بخراطيم مطاطة مثبتة جيدا.

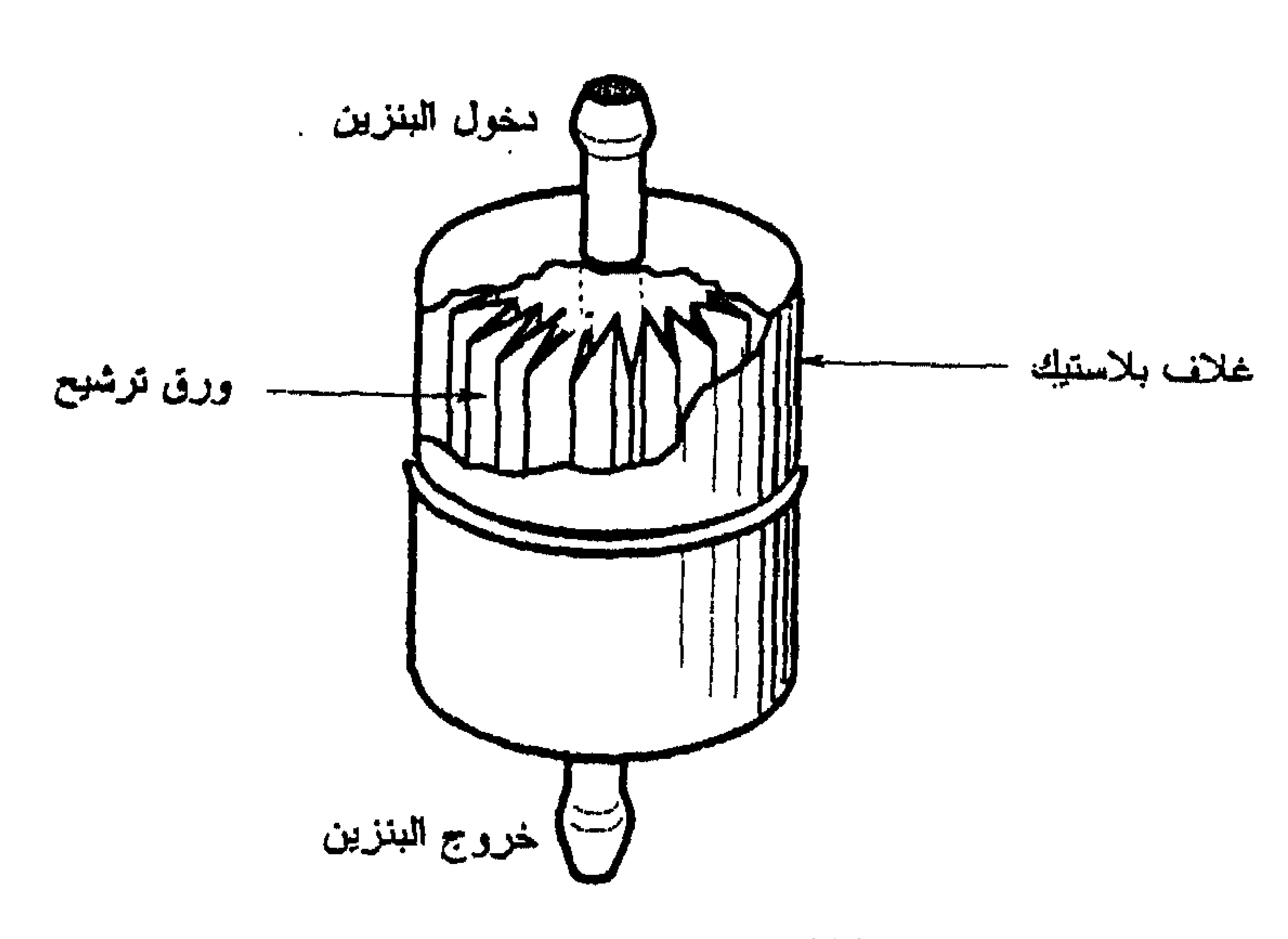
نظم خلط البنزين مع الهواء:

وظيفة وحدة خلط البنزين مع الهواء هي:

1- تفتيت الوقود إلى جزئيات صغيرة ليسهل اختراقها في الاسطوانات.

2- التحكم في نسبة الخلط (نسبة الوقود إلى الهواء Fuel to air ratio) لمواجهة ظروف التشغيل المختلفة.

3- إمداد المحرك بهذا الخليط الذي يسمى الشحنة Charge بالكمية المناسبة للحمل الذي يتعرض له المحرك. فعند زيادة الحمل يجب زيادة الشحنة والعكس صحيح.



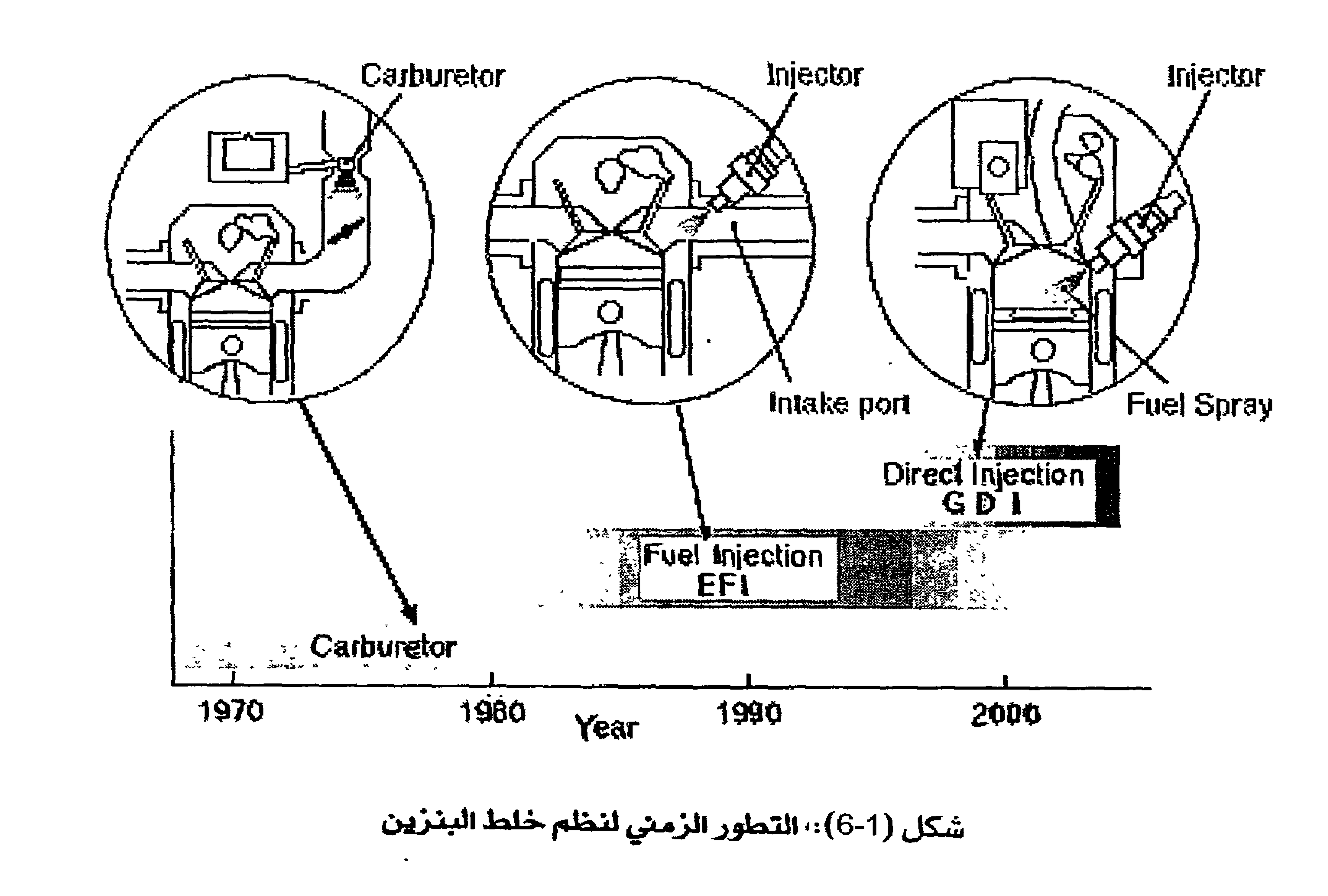
شكل (1-5): فلتر البنزين

لقد استعملت حقن البنزين بغرض خفض استهلاكها النوعي لأول مرة عام 1951 وذلك في محركات ثنائية الأشواط و منذ عام 1954 تم تزويد المحركات رباعية الأشواط بمضخات حقن البنزين .

ويوضح الشكل (1-6) التطور الزمني لنظم خلط البنزين مع الهواء حيث عرفت محركات البنزين في القرن العشرين باستخدام المغذى (الكربراتير) ثم جاءت محاولات من مصنعين للمحركات بأوروبا في السبعينيات لدخول الوقود لأسطوانة المحرك عن طريق رشاشات تقوم برش الوقود على الهواء المسحوب في أنبوبة السحب و يتم دفع الوقود باستخدام مضخة ميكانيكية في الثمانينات استخدام مضخة وقود كهربية بدلا من المضخة الميكانيكية . كل تلك الطرق السابقة لحقن الوقود تتعامل مع الهواء المسحوب بالاسطوانة فيكون إدخال الوقود بطريقة غير مباشرة . ثم ظهرت بعد ذلك عملية حقن الوقود المباشر 'Gasoline Direct Injection' والمعروف اختصاراً بـ GDI يكون التعامل في هذه الحالة مع الهواء المضغوط داخل الاسطوانة (كما هو الحال في محرك الديزل) لذلك يتطلب ضغوط عالية لعملية الحقن بالمقارنة بالطريقة السابقة التي يمكن فيها الحقن بضغط اقل. وفيما يلي عرض لنظم خلط البنزين مع الهواء.

1- نظام خلط البنزين مع الهواء باستخدام المغذى (الكربراتير) Carburetor

نظرا لان جميع أنواع الوقود السائل غير قابله للإشعال إلا إذا بخرت. لذلك كان من الضروري تبخيرها ثم إشعال بخارها . وللحصول على الطاقة الحرارية من الوقود السائل يجب تحويله أولا إلى الحالة الغازية. وتتم عملية التبخير بواسطة المغذى وهو جهاز يستعمل في تغذية محركات البنزين بالشحنة اللازمة والتي تتكون من مخلوط من الهواء وبخار البنزين بنسبة توافق تصميم المحرك حيث أن بخار الوقود بمفرده لا يمكن إشعاله، فلابد لذلك من خلطه بالهواء قبل استعماله في اسطوانة المحرك.



شكل (1-6): التطور الزمني لنظم خلط البنزين

وظائف المغذى (الكربراتير) كما يلي:

- تفتيت الوقود إلى جزيئات دقيقة ليسهل احتراقها في الاسطوانات.
- خلط الوقود بالهواء بنسبة 1 : 15 تقريباً (عند ظروف التشغيل العادية)
- إمداد المحرك بهذا الخليط الذي يسمى الشحنة Charge بالكمية المناسبة للحمل الذي يتعرض له المحرك. فعند زيادة الحمل تزيد كمية الشحنة، والعكس صحيح.
- كما يقوم الكربراتير بتغيير نسبة الوقود للهواء (Fuel to air ratio) لمواجهة ظروف التشغيل المختلفة. عند بداية التشغيل يحتاج المحرك إلى نسبة وقود مرتفعة (خليط غنى Rich mixture) تقترب من 1 : 1 لتسهيل بدء تشغيل المحرك على البارد. أثناء التشغيل العادي بدون إيقاف يحتاج المحرك إلى نسبة وقود منخفضة (خليط فقير Poor mixture) تقترب من 1 : 16، لتوفير استهلاك الوقود. يقوم الكربراتير بتلبية احتياجات المحرك من خليط الوقود والهواء عند هذه الظروف وغيرها للحصول في النهاية على أداء سلس واقتصادي لمحرك.

وبغرض فهم المغذى المعقد ترى أنه من المفيد دراسة المغذى البسيط (Simple of Carburetor) الذي يقوم بتجهيز خليط الهواء- الوقود في الظروف العادية وبسرعة واحدة ومن ثم تقوم بإضافة أجزاء ميكانيكية أخرى له لكي نستطيع فهم أداء واجباته. يتكون المغذى البسيط (شكل 1-7) من العوامة Float وغرفة العوامة والنافورة الرئيسية وأنبوبة فنشوري وصمام التحكم Chock Valve وصمام الخانق Throttling Valve.

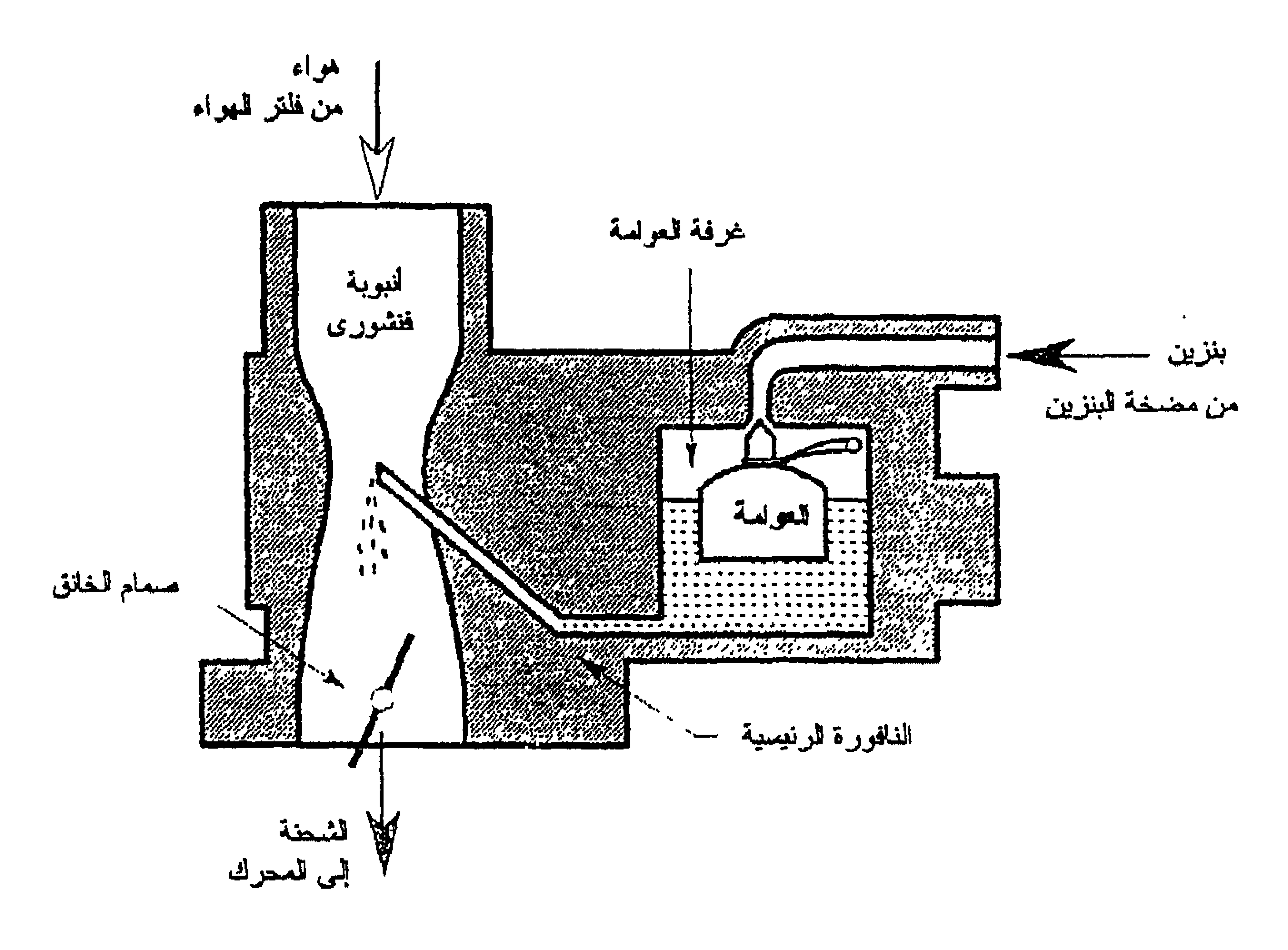
أ- غرفة العوامة والعوامة Float

غرفة العوامة يدخل فيها البنزين عن طريق فتحة علوية تغلق بواسطة أبرة مثبتة على العوامة عندما يصل مستوى البنزين بها إلى حد معين. تخرج من أدنى نقطة في غرفة العوامة أنبوبة دقيقة تسمى النافورة الرئيسية Main jet للبنزين، والعوامة Float مصنوعة من الفلين أو من ألواح رقيقه من النحاس الأصفر أو الأحمر وهى مجوفة أو ملحومة جيدا حتى لا يتسرب البنزين داخلها فيعمل ذلك على زيادة وزنها، وهذا يغير من مستوى البنزين الاساسى في النافورة وفائدة العوامة

المحافظة على مستوى ثابت للبنزين في الغرفة. ويجب أن يكون هذا المستوى منخفضا عن فوهة النافورة. ولو أنخفض سطح البنزين انخفضت العوامة معه فيفتح الصمام فيدخل البنزين. وعلى ذلك تعمل العوامة على المحافظة على مستوى ثابت للبنزين ليس فقط في غرفة العوامة، ولكن أيضا في النافورة. ويلاحظ أن أي تغيير كثافة البنزين يحتم تغير وزن العوامة للمحافظة على هذا المستوى الثابت.

ب- الأنبوبة الفنشورية :Venture tube

هي الممر المحتوى على النافورة ويختلط الهواء والبنزين بداخله، وهى ذات قطر ثابت، عدا الجزء المحيط بالنافورة، حيث توجد أنبوبة فنشورية الشكل Venture tube وتسمى أنبوبة الاختناق لأنها تعمل على اختناق الهواء أثناء مروره.



شكل (1-7): المغذي البسيط

جـ: صمام التحكم Choke Valve

يوجد صمام التحكم Choke Valve في مدخل أنبوبة فنشوري وهو عبارة عن قرص معدني يغلق أوتوماتيكياً عندما يكون المحرك بارد فيحدث تخلخلاً كبيراً في الأنبوبة يؤدى إلى شفط نسبة بنزين كبيرة من غرفة العوامة تساعد على بدء تشغيل المحرك البارد. وهناك نوع من صمام التحكم يتكون من نصفى دائرة يقفل عندما ينبسطا ويفتح عندما يقتربا من بعضيهما. ولهذا يسمى هذا النوع بصمام الفراشة Butter fly type valve. فإذا فرض أن كمية الهواء المارة خلال أنبوبة الاختناق تبقى دائما ثابتة فينتج عن ذلك أن سرعة الهواء يجب أن تزداد كلما اقترب من أضيق قطر في أنبوبة الاختناق وبناء على ذلك تزداد عملية مص البنزين من فوهة النافورة الموضوعة عند هذا القطر نتيجة للتفريغ الذي بمقتضاه يتصاعد البنزين من فوهة النافورة على هيئة رزاز رفيع. من ذلك يتضح أن الغرض من أنبوبة الاختناق هو العمل على زيادة سرعة تيار الهواء المسحوب خلال المبخر وتشبعه بكميه من بخار البنزين الضرورية واللازمة لإدارة المحرك بكفاية تامة.

د- صمام الخانق (Throttle Valve)

يوجد في نهاية الأنبوبة الفنشورى وهو عبارة عن قرص معدني دائري قابل للدوران حول محور في وسطه، وعلى ذلك يمكن أن يأخذ أي وضع بين الفتح التام Wide open عندما يكون وضعه في اتجاه مرور الخليط أو مغلقا عندما يتحرك 90 درجة فيمنع مرور اى كميه من الخليط من الوصول إلى المحرك. وبذلك يتحكم في فتحة مرور المخلوط ليعمل على تكبيرها أو تصغيرها، وبه يمكن ضبط سرعة المحرك بفتحه أو غلقه بواسطة روافع. كما أنه يتم التحكم فيه عن طريق دواسة البنزين، فيكون هذا الصمام مغلقاً جزئياً عندما يرفع قائد السيارة قدمه عن دواسة البنزين.

تتلخص فكرة عمل الكربراتير في أن أثناء حركة مكبس الاسطوانات إلى أسفل خلال مشوار السحب يتم سحب هواء بقوة إلى أنبوبة الاختناق المتصلة باسطوانات المحرك عن طريق ماسورة وصمام السحب فتزداد سرعة الهواء وذلك

كلما اقترب من أضيق قطر في أنبوبة الاختناق وبالتالي ينخفض ضغطه (يحدث تفريغ) فيندفع البنزين من فوهة النافورة حيث يتفتت إلى جزيئات صغيرة ويختلط مع الهواء مكوناً الشحنة Charge ويتم التحكم في كمية الشحنة الداخلة إلى المحرك بواسطة صمام التحكم.

ومن اهم عيوب المغذى البسيط هي

1- زيادة درجة الخليط بزيادة سرعة سريان الهواء أو بزيادة الارتفاع.

2-غير قادر على تجهيز وقود غنى عند تشغيل المحرك عند الأحمال الخفيفة.

3-غير قادر على تجهيز وقود غنى عند التشغيل على البارد.

4- عند تحميل المحرك يزيد استهلاك المحرك من الوقود بدرجة كبيرة جدا.

والمغذيات ذو النافورة الواحدة "المغذى البسيط" غير صالح للاستعمال إلا مع المحركات ذات السرعة الثابتة. ففي هذا النوع من المغذيات يمكن عمل مخلوط ذو نسبة تركيب معينه فقط في حالة التشغيل الثابت المحدد أي مع محركات ذات سرعة ثابتة وبزاوية فتح ثابتة لصمام الاختناق.

وفى المحركات التي لا تدور بسرعة ثابتة فإذا ما كان المغذى ذو نافورة واحدة، فان الزيادة في سرعة الهواء المسحوب من خلال أنبوبة الاختناق تكون نتيجتها تغير نسبة المخلوط لزيادة كمية الوقود، ويترتب على ذلك زيادة قوة الخليط كلما زادت سرعة المحرك وبالمثل إذا ما انخفضت سرعة المحرك قلت كمية الوقود بالنسبة لكمية الهواء وأصبح المخلوط ضعيفا. وبديهي أن التغير في نسبة المخلوط غير مرغوب فيه، خصوصاً أنه تم تصميم المحرك ليشتعل على نسبه معينه من المخلوط لكي يعطى أحسن نتيجة من حيث الاحتراق والقدرة والاقتصاد عند سرعة وحمل معينتين لا يشتعل على هذه النسبة عند تغيير سرعته والحمل الواقع عليه وهذا يعمل على عدم انتظام دورانه.

لذلك لا يصلح المغذى البسيط ذو النافورة الواحدة في المحركات التي تغير سرعتها وحملها، وقد استعاض عنه بمغذيات حديثه روعي فيها أن تعطى نسبة

ثابتة من المخلوط علاوة على جعل الخليط قويا عند بدء حركة المحرك كي تصبح عملية التقويم سهله. وكذلك عندما يدور المحرك بسرعة التباطؤ.

هناك تصميمات مختلفة للمغذى تعتمد على اتجاه سير الهواء إليه. فمنها الأنواع التالية:

أ- الكربراتير ذو السحب الطبيعي (The Natural Draft Carburetor)

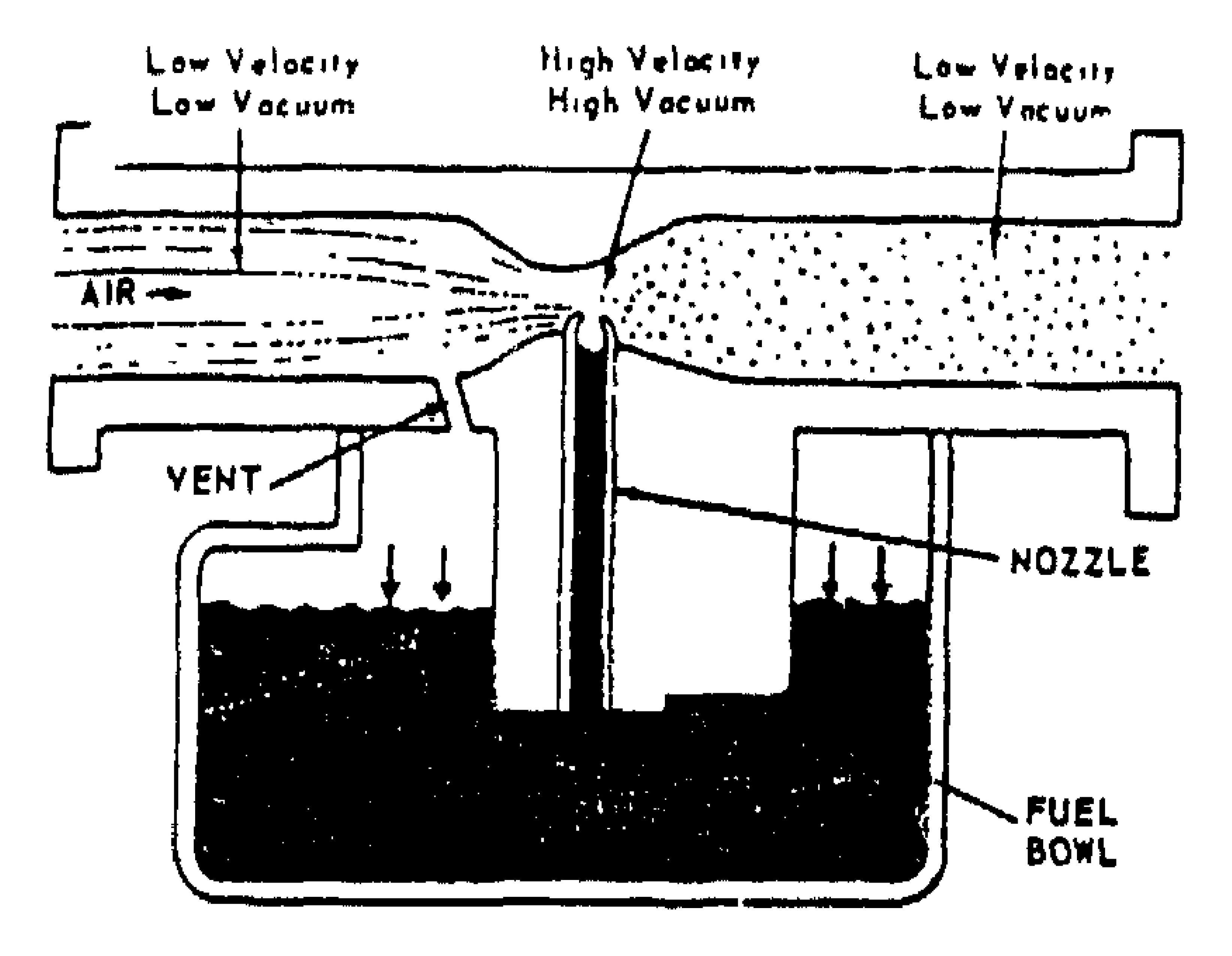
يكون اتجاه سحب الهواء وسريان المخلوط في الاتجاه الافقى كما يوضح شكل (1-8). وفى هذه النوع يمكن الاستفادة من درجة حرارة مياه التبريد أو غازات العادم في تسخين المخلوط ليكون في صورة بخار قبل دخوله إلى المحرك. ويكون مكان المغذى في أعلى المحرك.

ب- الكربراتير ذو السحب إلى أعلى (Updraft Carburetor)

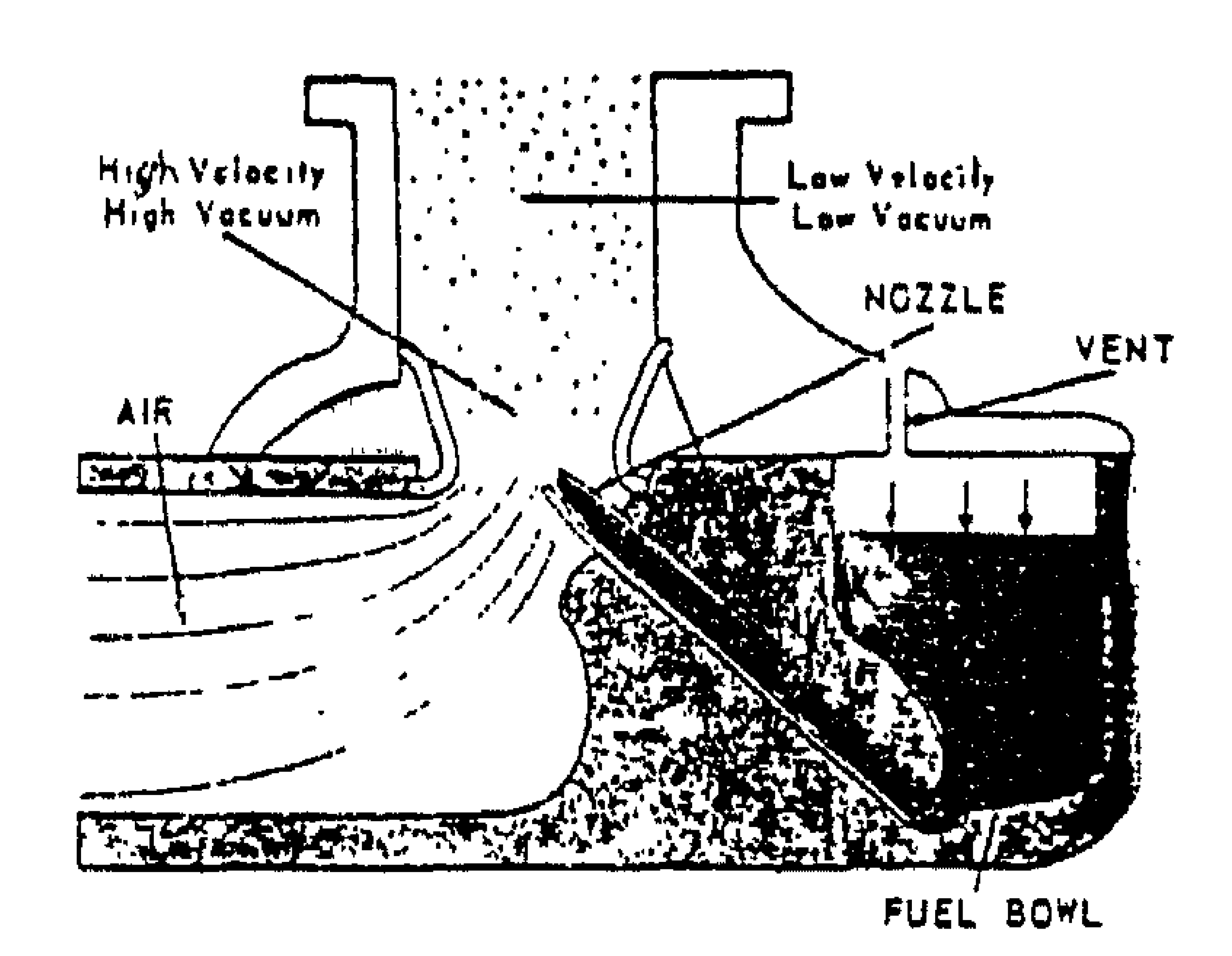
يوضح شكل (1-9) المغذى ذو السحب إلى أعلى و يستخدم هذه النوع عندما يتم سحب الوقود بواسطة الجاذبية الأرضية، ولذلك يجب وضع خزان الوقود في مكان عالي بالنسبة للمحرك. ولهذا نحتاج إلى سرعات عالية من الهواء لكي يتم سحب الوقود ويكون قطر الاختناق صغير نسبيا.

جـ- الكربراتير ذو السحب إلى أسفل (Downdraft carburetor)

يوضح شكل (1-10) المغذى ذو السحب إلى أسفل ويستخدم هذه النوع في المحركات التي تحتاج إلى كميات كبيرة من المخلوط أي في المحركات التي تعمل على سرعات وقدره عالية. وفى هذا النوع يصل الوقود إلى المحرك حتى لو كانت سرعة الهواء بطيئة.

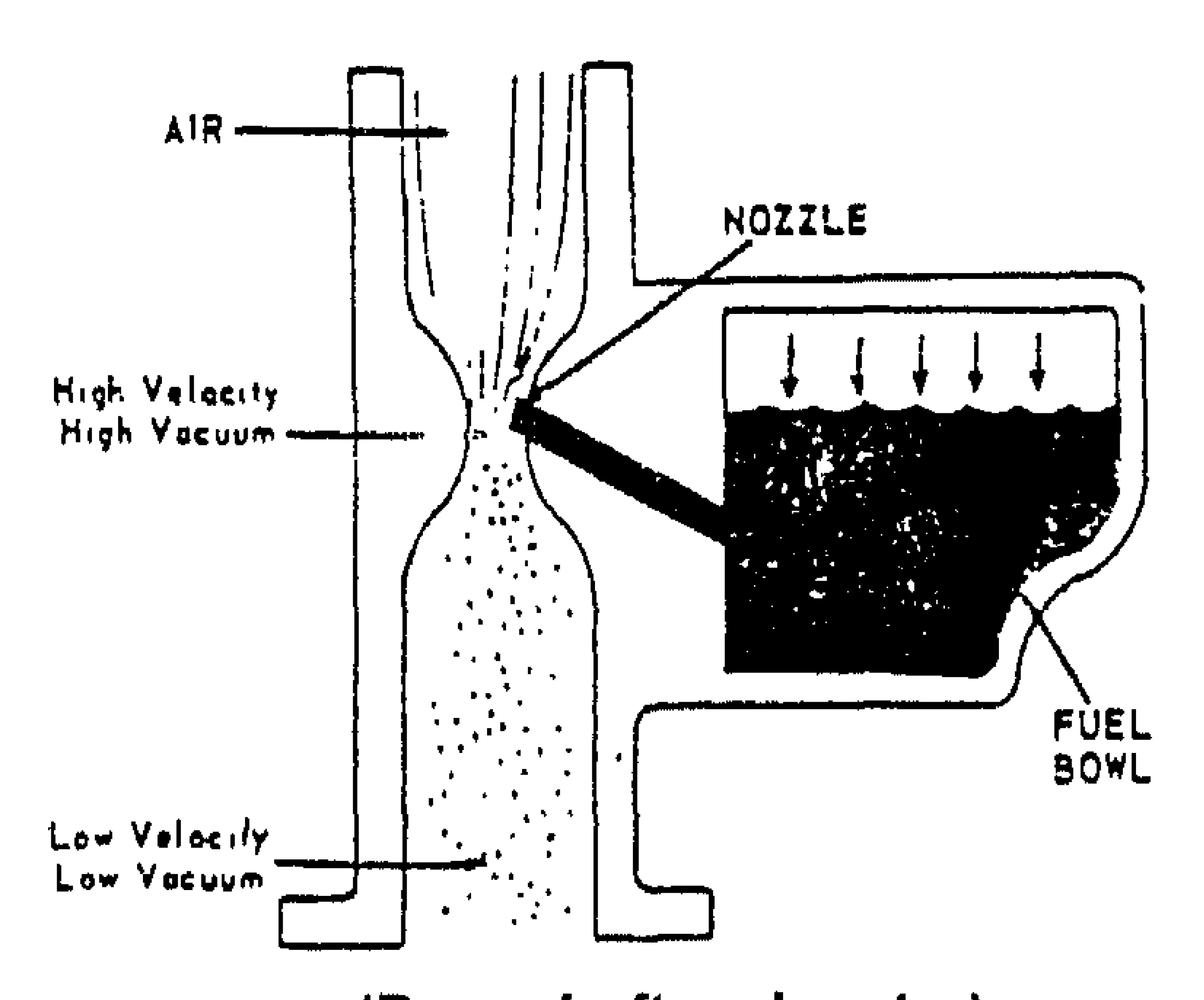


شكل (1-8): الكربراتير ذو السحب الطبيعي (The Natural Draft Carburetor)



(Updraft Carburetor).

شكل (1-9): المغذى ذو السحب إلى أعلى



(Downdraft carburetor)

شكل (1-10): المغذى ذو السحب إلى أسفل

والأنـواع الثلاثـة تشترك في انـه لابـد مـن وجـود مصـدر للوقـود وحفظـه عنـد مستوى معين في الغرفة، وهذا يتم عن طريق العوامة Float والهواء اللازم سحبه إلى المغذى يجب أن يكون نقيا خاليا من الشوائب والأتربة حتى لا يحدث انسداد له، وهذا يتم في فلتر الهواء Air Filter ويجب إلا يحدث انسداد في مرور الهواء من الفلتر إلى المغذى حتى لا يحدث احتراق غير كامل للوقود مما يترتب عنه انخفاض في القدرة الناتجة وزيادة في معدل استهلاك الوقود.

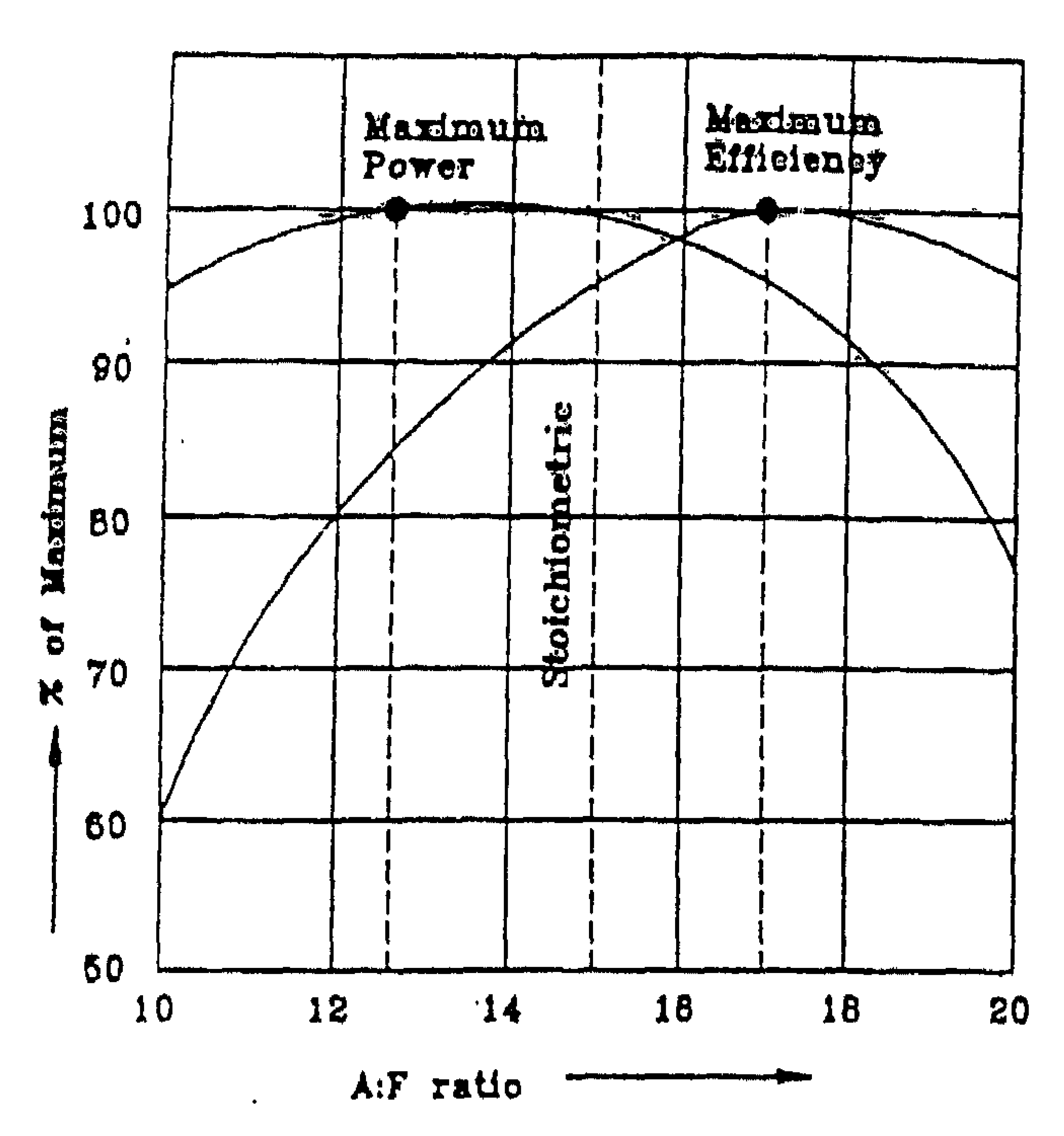
ويمكن التحكم في كمية الهواء الداخلة إلى الكربراتير عن طريق صمام التحكم Chock Valve وعن طريقه يمكن أن يعطى نسبه (F/A) عالية ويكون هذا خليط غنى Rich وهذا ما يحتاج المحرك، مثلا عند بدء إدارته وخصوصا في الجو البارد.

خواص النسب المختلفة لخليط الهواء والبنزين

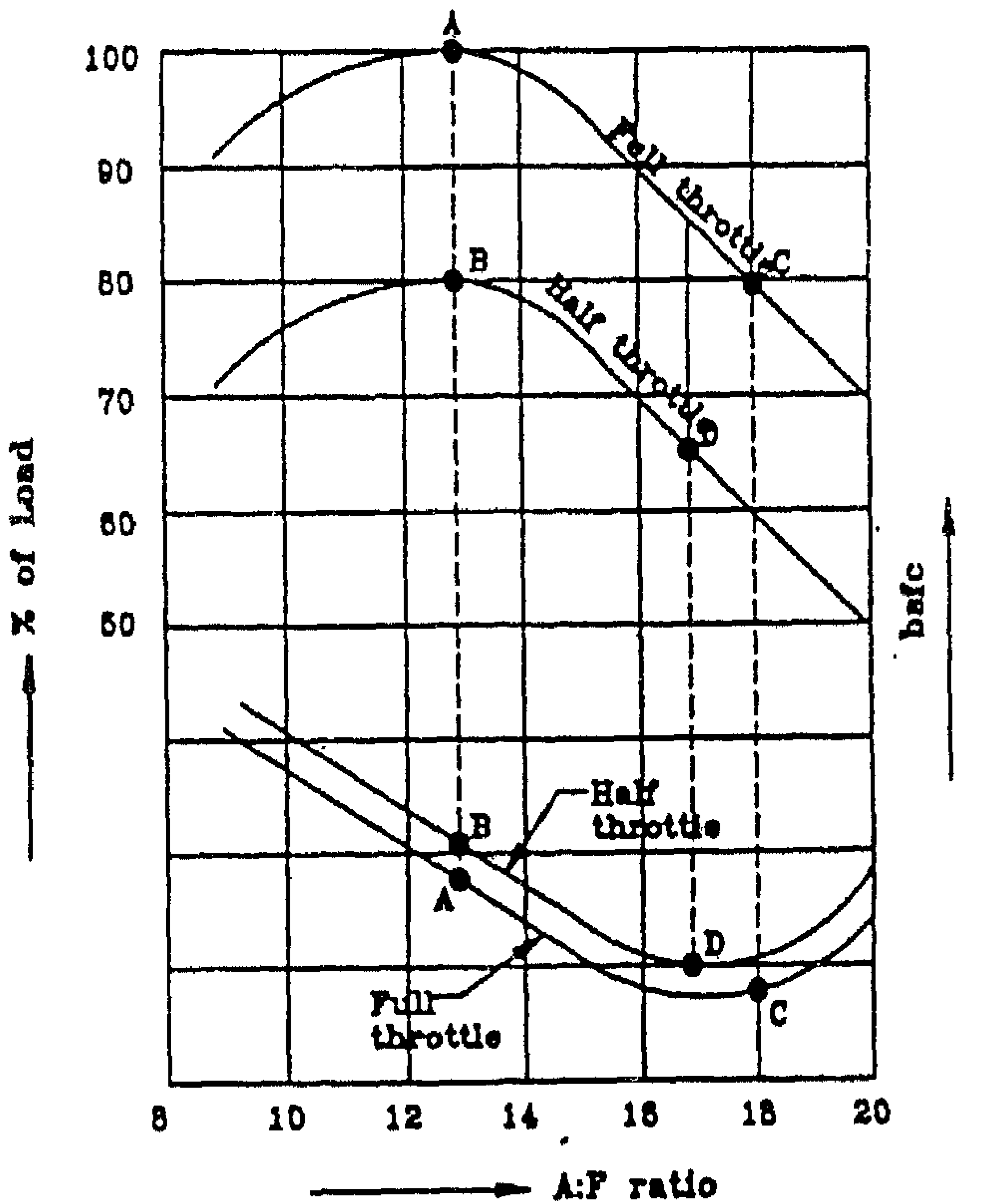
(Properties of the air Fuel mixture)

لكي يكون الخليط متجانسا وقابل للاشتعال فان هناك حدود لنسب الخلط بين الوقود والهواء لا يجوز تجاوزها. فالخليط الغنى تكون فيه نسبة كتلة الهواء إلى الوقود 1 :7، و الخليط الضعيف 1 :20 ويوضح شكل (1-11) تأثير نسبة الهواء إلى الوقود على القدرة والكفاءة. يلاحظ في هذا المنحنى أن نسبة الهواء إلى الوقود التى تكون عندها أقصى قدرة Max-power تختلف عن نسبة الهواء التي عندها نحصل على أفضل كفاءة للمحرك، وبالتالي أفضل اقتصاد في استهلاك الوقود ونلاحظ أن أقصى كفاءة للمحرك تكون عند نسبة الهواء إلى ألوقود 1 :17 بينما أقصى قدرة تحدث عند نسبة الهواء إلى الوقود 1 : 12.

كما يوضح شكل (1-12) تأثير نسبة (A:F) على معدل استهلاك الوقود النوعي الرملي bsfc و يلاحظ من المنحنى أن معدل استهلاك الوقود النوعي الفرملي يكون اقل ما يمكن عند نسبة الهواء إلى الوقود 18:1 وذلك عند الفتح الكامل لصمام الخليط full throttle condition بينما تصل هذه نسبة الى 17:1عندما يكون الخليط في وضع نصف الفتحة .



شكل (1-11): تأثير نسبة الهواء إلى الوقود على القدرة والكفاءة



شكل (1-12): تأثير A:F على معدل استهلاك الوقود

تختلـف نسـبة الهـواء إلى الوقـود في محركـات البنـزين طبقـاً للغـرض مـن الاستخدام فمثلاً المحركات الثابتة يتم اختيار نسـبة الهـواء إلى الوقـود الـتي تـؤدى إلى تشغيل المحرك بطريقـة أقصى اقتصادياً. أما المحركـات الـتي تركـب على المركبـات فيتم اختيار بين نسـبة الهـواء إلى الوقـود مـا بـين أقصـى تشـغيل اقتصـاديا أو أقصـى قـدرة ناتجة حيث أن نسبة الهواء إلى الوقود عند أقصى قـدرة تختلف عنها عند أقصى تشغيل اقتصادي كما أن المحرك التي تركب عند المركبات تعمل على أحمال وسـرعات مختلفة لذلك A/F تؤثر على أداء المحرك.

سبق أن أوضحنا أن العمـل الاساسـى للمغـذى هـو خلـط نسـبة معينـة مـن الوقـود والهواء لتتناسب مع كل حالة من حالات تشغيل المحـرك تحتـاج إلى نسـبه معينـه مـن الهواء إلى الوقود (A/F) تختلف عن الأخرى، وفيما يلي النسب المختلفة لحالات تشـغيل المحرك بوحدات الوزن.

4.0: 1	For starting	لبداية التشغيل
11.0: 1	For slow idle	لسرعة التباطؤ
12.0: 1	For power and speed	لأقصى قدرة وسرعة .
15 .5: 1	For best fuel economy	لتشغيل الاقتصادي للوقود

دوائر المغذى

أ-دائرة صمام التحكم (Choke System)

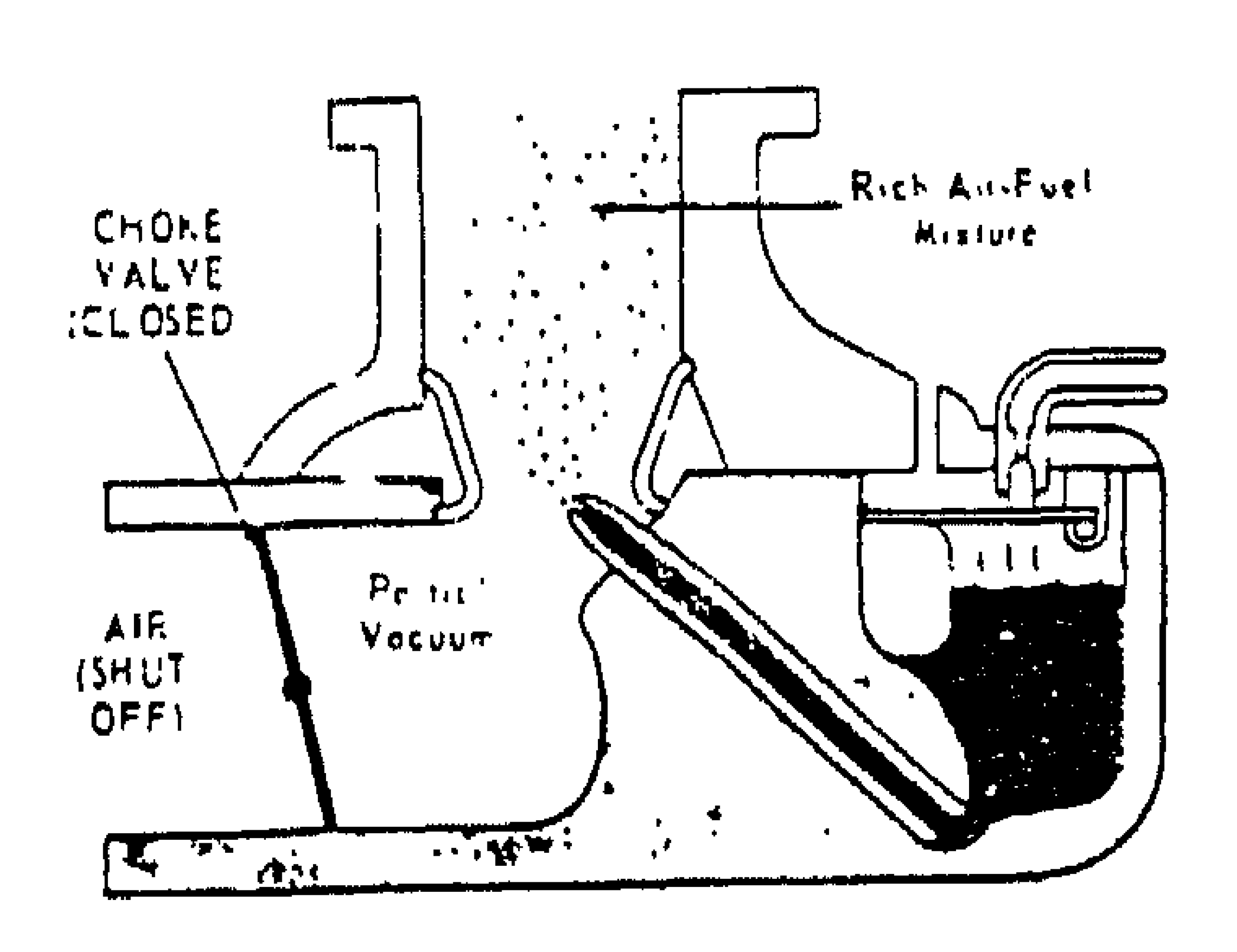
دائـرة صـمام الـتحكم أو جهـاز البـدء بالحركـة Starting System شـكل (1-13) يتكون من صمام يقع في مدخل فتحة إلهواء للمغذى، فعندما يكون الصمام مغلقا فأن دخـول الهـواء يقـل أو ينعـدم ويزيـد مـن التفريـغ. فعنـدما يكـون في بدايـة الحركـة "المحرك باردا" فانه يحتاج إلى خليط غنى جدا .ويستعمل جهـاز خـانق الهـواء قلـيلا ليسـاعد في دوران المحـرك المسـتمر. وعنـدما يسـخن المحـرك يفـتح الصـمام يـدويا أو اتوماتيكيا.

ب- دائرة خانق الخليط (Throttle System)

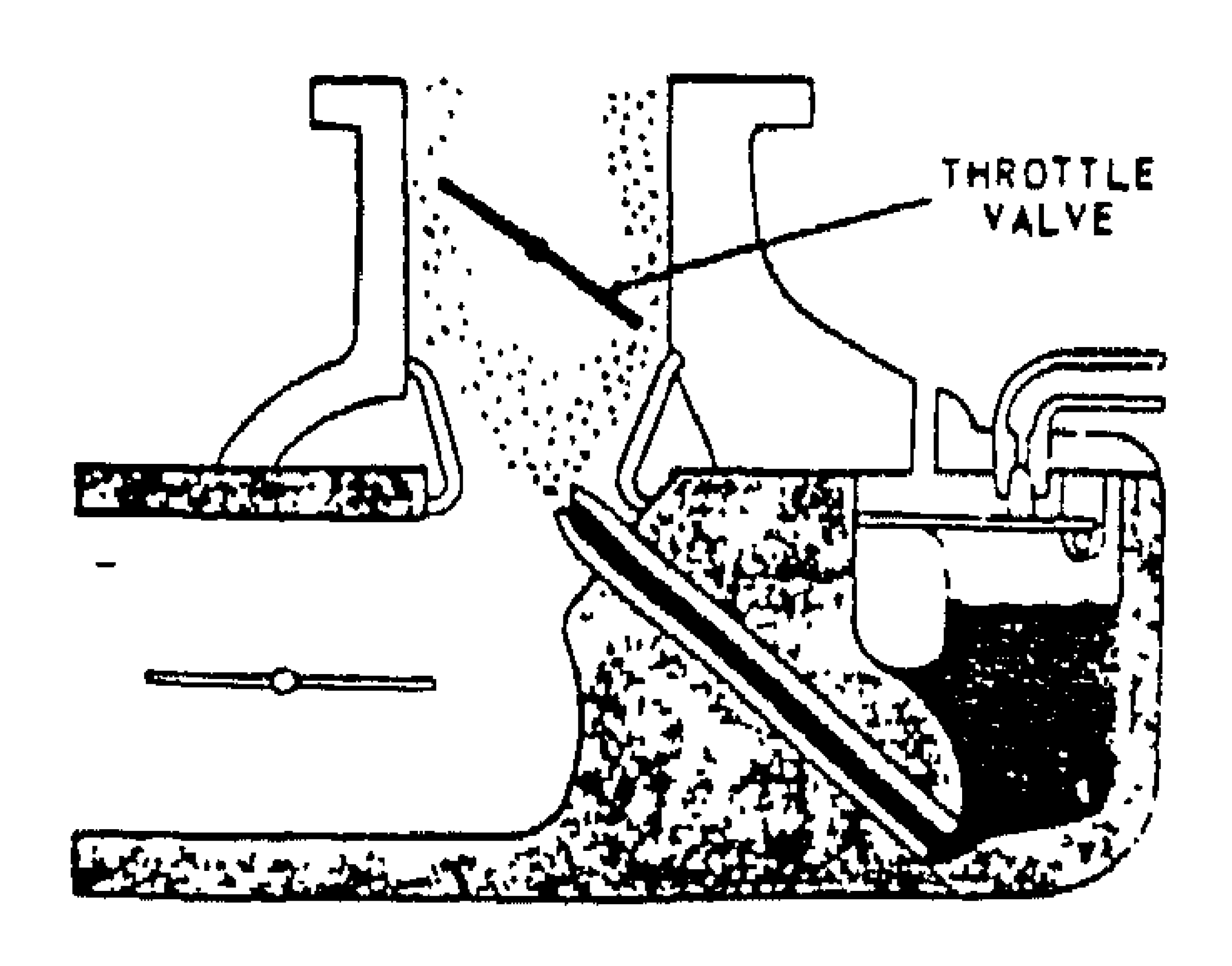
في هذه الدائرة يتم المحافظة على سرعة المحرك تحت ظروف تشغيل والحمل المختلفة بواسطة جهاز الحاكم، حيث يتحكم الحاكم في فتحة صمام خانق الخليط طبقاً للحمل والسرعة المطلوبة ويوضح شكل (1-14).

جـ- دائرة التباطؤ (The Idling System) .

عندما يتباطأ المحرك أو يعمل على سرعة منخفضة، يغلق صمام الاختناق أو يكاد. ويعنى هذا أن مقدارا صغيرا فقط من الهواء يمكنه السريان خلال المغذى. ويكون سريان الهواء صغيرا في الواقع لدرجة أنه لا ينشأ مقدارا محسوس من التفريغ في مختنق المغذى. ويعنى هذا أن نافورة الوقود الرئيسية لا تقوم بإمداد أي قدر من البنزين تحت هذه الظروف.

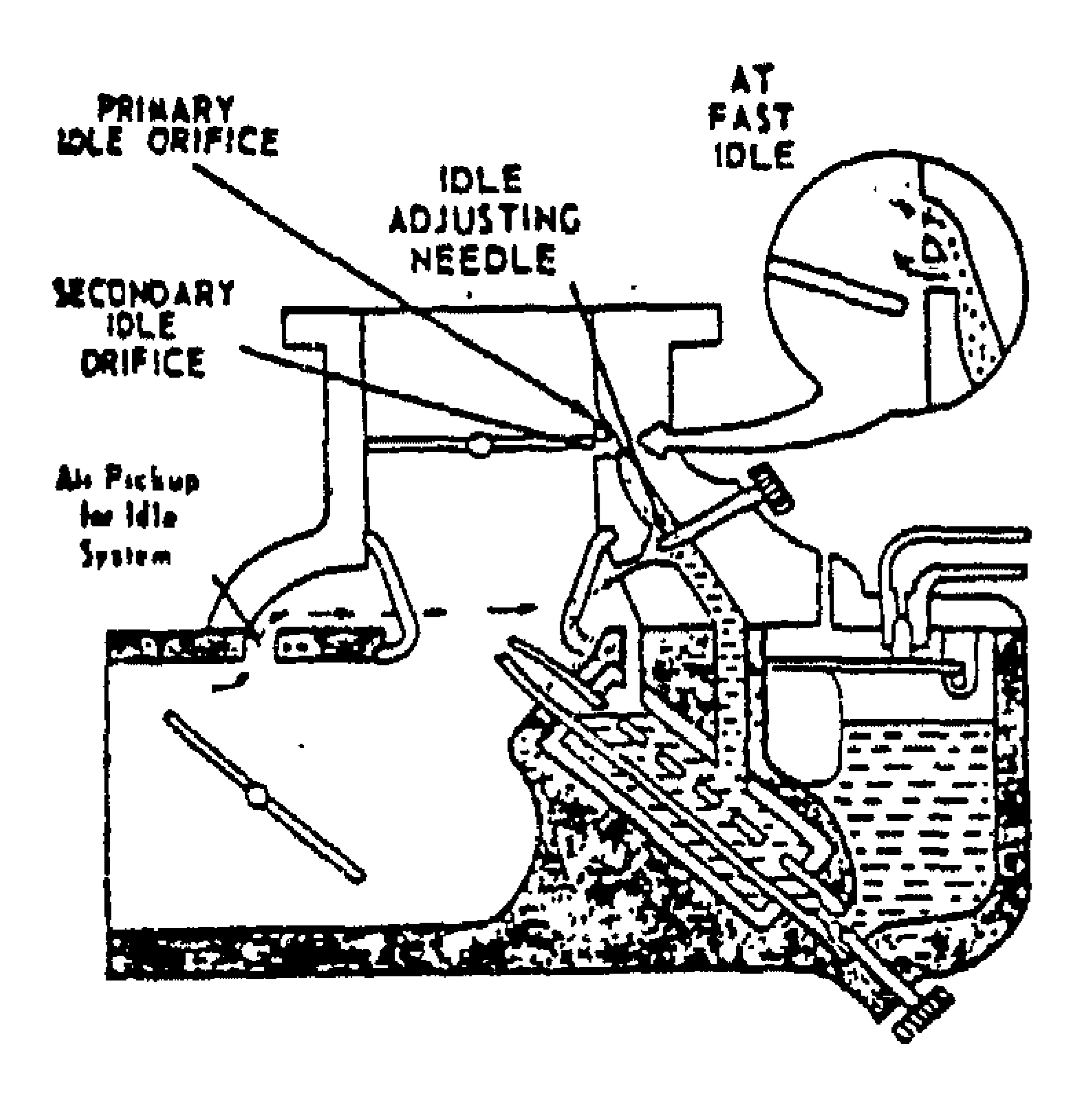


شكل (1-13): دائرة خانق الهواء



شكل (1-14): دائرة خانق الخليط

وتبدأ دائرة التباطؤ عملها حينما يكون صمام الاختناق مغلقا تقريبا. وتمد المحرك بخليط الهواء والوقود الذي يحتاج إليه المحرك لكي يعمل. ويوضح شكل (1-15) دائرة التباطؤ. وهى عبارة عن أنبوبة في جسم الكربراتير مدخلها عند بداية أنبوبة فنشوري ومخرجها بعد صمام الخانق مباشرة تسحب هذه الأنبوبة هواء من مدخل أنبوبة فنشوري وتختلط مع البنزين مكونا شحنة الذي يمكن ضبطه بواسطة مسمار ضبط الخليط. عندما يغلق صمام الاختناق يحدث تفريغ عالي في مجمع السحب أو تحت صمام الاختناق وبذلك يدفع الضغط الجوى الهواء والبنزين خلال دائرة التباطؤ. ومنها حول مسمار ضبط السرعة البطيئة، حينما يختلط مع الهواء المتسرب عبر صمام الاختناق ليكون خليطا غنيا مناسبا لعملية التباطؤ. ولتغيير مقدار الخليط يدار مسمار ضبط السرعة البطيئة للداخل أو للخارج. فعند أدارته للخارج، يزداد حجم الفتحة حول طرف أبرة المسمار فيزيد مقدار خليط الهواء والوقود الذي يمكنه المرور خلال فتحه التباطؤ ويصبح الخليط غنى. أما بإدارة مسمار الضبط للداخل فيقل مقدار خليط الهواء والوقود الذي يمكنه المرور خلال فتحة التباطؤ، وهذا يؤدى إلى مخلوط فقير.



شكل (1-15): دائرة التباطؤ

د- دائرة السرعات البطيئة والإدارة بدون حمل:

يمر مقدار صغير من الهواء خلال بوق الهواء إذا كان صمام الخانق مقفلا أو مفتوحا فتحه صغيره. وعندئذ تكون سرعة الهواء بطيئة وتنعدم عملية الخلخلة الفنشورى. ومعنى ذلك توقف نافورة الوقود عن إمداد الهواء المار بالمغذى بالوقود، وعليه فيجب على المغذى أن يجد له طريقه أخرى لتزويد الهواء بالوقود عندما يكون صمام الاختناق مقفلا أو مفتوحا فتحه بسيطة. وتسمى هذه الدائرة دائرة الإدارة بدون حمل والسرعات البطيئة.

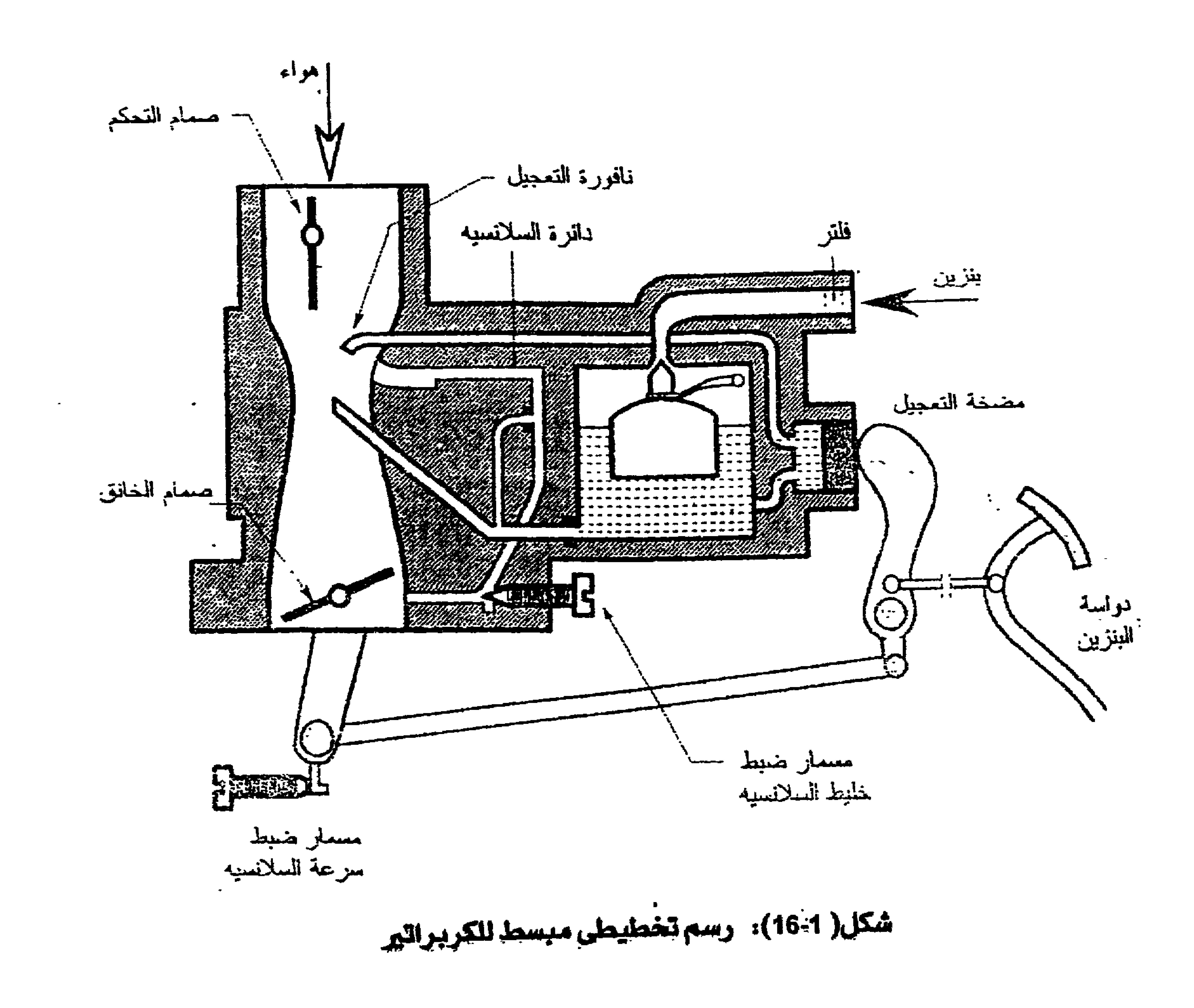
هـ- مضخة التعجيل Acceleration pump

عندما يتم الضغط على دواسة البنزين لزيادة السرعة فإن مضخة التعجيل تبثق فوراً دفعة من البنزين إلى أنبوبة الاختناق لتساند المحرك في التعجيل إلي أن تصل الشحنة إلى الحد المطلوب ويلاحظ أن عمل مضخة التعجيل ينتهي تماماً بنهاية حركة دواسة البنزين.

التحم فى الكربراتير

تتحدد كمية الشحنة الداخلة الى المحرك بواسطة صمام الخانق Throttling valve ويتم التحكم فى هذا الصمام بواسطة دواسة البنزين، فالصمام يفتح إذا ضغط السائق على الدواسة لزيادة السرعة او الحمل ويغلق جزئيا إذا رفع قدمه عنها او عندما يترك المحرك يدور على سرعة التباطؤ السلانسية. وكما أوضحنا من قبل ان الكربراتير يكون معقد فى تركيبه حيث يحتوى كما أوضحنا سابقاً على دوائر لمواجهة ظروف التشغيل المختلفة ويوضح شكل(1-16) رسم تخطيطى مبسط للكربراتير .

ويجب الإشارة الى ان الكربراتير الفعلى فى معظم المحركات يكون مزدوجا اى يحتوى على انبوبتى فنشورى تبدأ احداهما العمل فور تشغيل المحرك واثناء السرعات او الأحمال المنخفضة . اما الأنبوبة الأخرى فانها تعمل فقط عند السرعات العالية لتغذية المحرك بمزيد من الشحنة عند هذه الظروف.



شكل(1-16): رسم تخطيطي مبسط للكربراتير

بالرغم من التطور الهائل في تصنيع المغذيات لكنها تعانى من بعض العيوب وهى:

1- في المحركات المتعددة الأسطوانات تتغير كمية ونوعية الخليط المجهز من أسطوانة إلى أخرى. بسبب عدم تساوى طول المرات التي يسلكها الخليط للوصول إلى الاسطوانة مما يعنى اختلاف في مقاومة سريان الخليط. كما أن تكثف الوقود في ثقب الدخول يؤدى إلى اختلاف نسبة الخلط في الاسطوانة.

2- انخفاض الكفاءة الحجمية بسبب المقاومة التي تسببها أجزاء المغذى لسريان الخليط.

3- يحتوى المغذى على أجزاء عديدة قابلة للتلف وفى حالة تلفها فإنها تعمل بكفاءة أقل.

4- إمكانية حدوث التجمد في درجات الحرارة المنخفضة. إلا إذا استخدمت وسائل لمنع حدوث التجميد.

5- إمكانية حدوث الاشتعال الخلفي بالإضافة إلى خطورة اتصال اشتعال الوقود خارج المغذى إلا إذا استخدمت وسائل لمنع أو صد اللهب.

ويمكن تجنب بعض عيوب المغذى التي ذكرناها عن طريق إدخال الوقود بواسطة الحقن (Injection) بدلاً من كربراتير Carburetion

2- نظام حقن الوقود (Fuel Injection System)

في كثير من المحركات الحديثة تم استبدال نظام الوقود التقليدي الذي يعتمد على الكربراتير في خلط البنزين بالهواء بنسب وكميات محددة حسب ظروف التشغيل بنظام حقن الوقود. وقد ساعد في حل كثير من المشاكل التي كان يعانى منها نظام الخلط بالكربراتير. ويتميز هذا نظام حقن الوقود بالآتي:

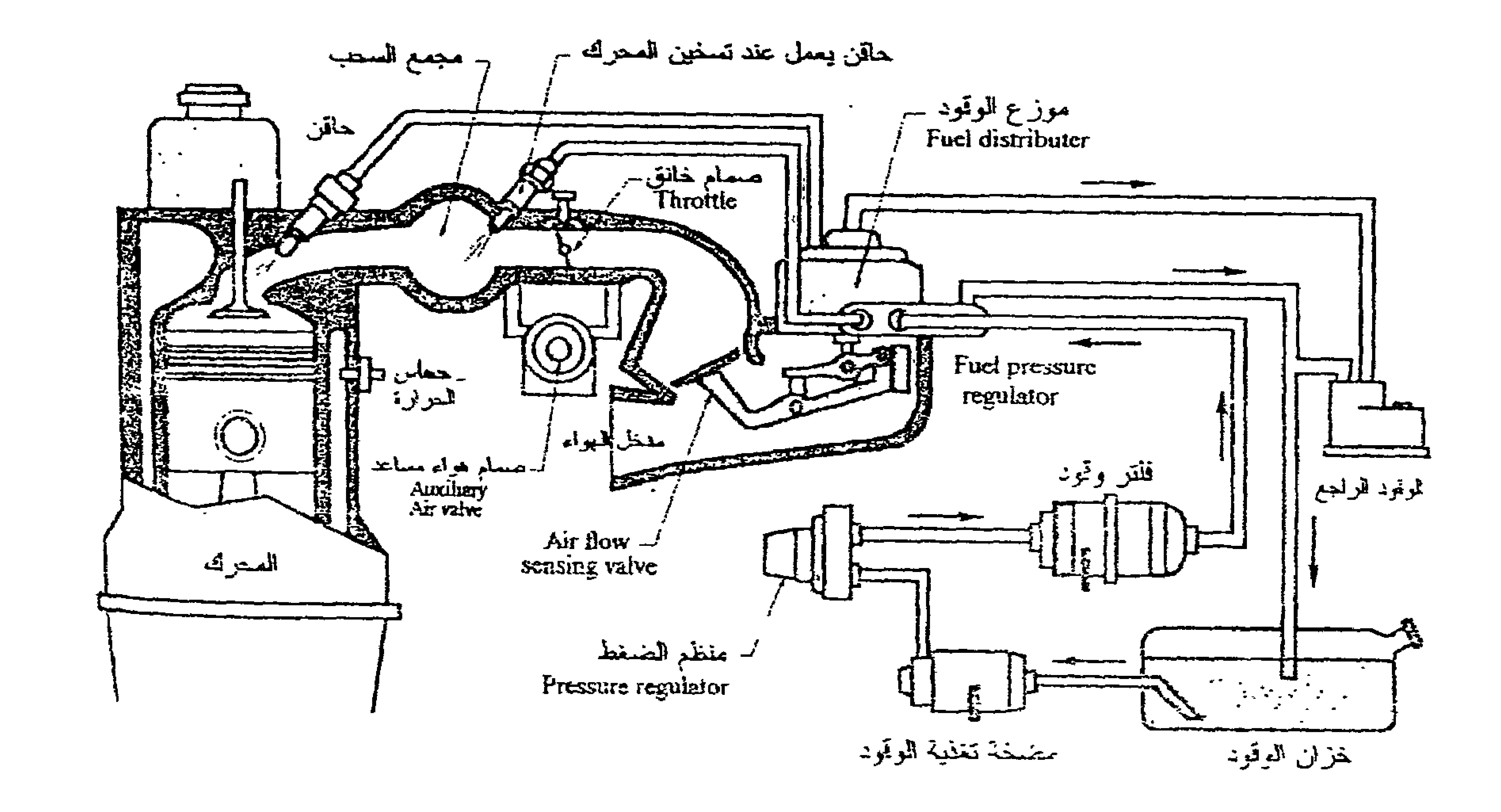
- تخفيض معدل استهلاك الوقود حيث يتحكم هذا النظام في تحدد كمية الوقود المناسبة بدقة في جميع ظروف التشغيل.
- تخفيض الغازات والمكونات الملونة في عادم المحركات عند أدنى حد، خاصة عند إيقاف المحرك.
- تقليل عمليات الصيانة التي تتم في نظام الكربراتير.

ويمكن أن يتم الحقن في مجمع السحب ويسمى حقن غير مباشر أو يتم مباشرة في غرفة الاحتراق ويسمى حقن مباشر، كما أن الحقن يمكن أن يكون متقطعاً أي على دفعات كل منها تساوى دفعة الوقود المحددة، ويمكن أن يكون مستمراً، حيث تتغير كمية الوقود حسب ظروف التشغيل كما يمكن أن يكون الحقن في مكان واحد في مدخل مجمع السحب ويسمى الحقن في هذه الحالة Throttle body injection وقد يكون الحقن متعدد Multi injection system أي يحقن الوقود في مجمع السحب خلف كل صمام دخول، ولهذا يدخل الهواء فقط مجمع السحب، هذه الحالة تسمى الحقن الغير مباشر. وتوجد طريقتين للحقن أما ميكانيكية أو الالكترونية .

نظام الحقن الميكانيكي Mechanical fuel injection

فى عملية حقن البنزين بالتحكم الميكانيكي يسحب الوقود من خلال الخزان بواسطة مضخة تغذية كهر بائية و يمر من خلال فلتر ثم يدفع إلى مضخة الحقن التي تقوم بضغط الوقود بضغط يتراوح ما بين 15 إلى 18 MPa ليصل إلى صمامات الحقن داخل الاسطوانة و يعود الوقود الزائد إلى خزان الوقود من خلال أنابيب الفائض . ويعيب هذا النظام كثرة أعطال المضخة نتيجة ارتفاع درجة حرارة المضخة و انسداد المضخة بواسطة شوائب البنزين . أو انسداد رشاشات البنزين.

كما يوضح شكل (1-17) نظام من نظم الحقن الميكانيكي ويعتمد هذا النظام بصفة أساسية على وجود موزع للوقود Fuel distributor يدار بنصف سرعة عمود الكرنك، أي بنفس سرعة عمود الكامات في المحركات رباعية الأشواط. في داخل هذا الموزع توجد اسطوانة دواره Rotating Cylinder تحتوى على ممران للسماح يتدفق البنزين القادم من المضخة. ويوجد منظم للضغط Fuel pressure regulator بعد المضخة مباشرة. يمكن التحكم في كمية الوقود التي تصدر للاسطوانات بواسطة دواسة البنزين ورافعة Lever mechanism يتم التحكم فيها بواسطة معدل الهواء الداخل على إلى المحرك.



شكل (1-17): نظام الحقن الميكانيكي

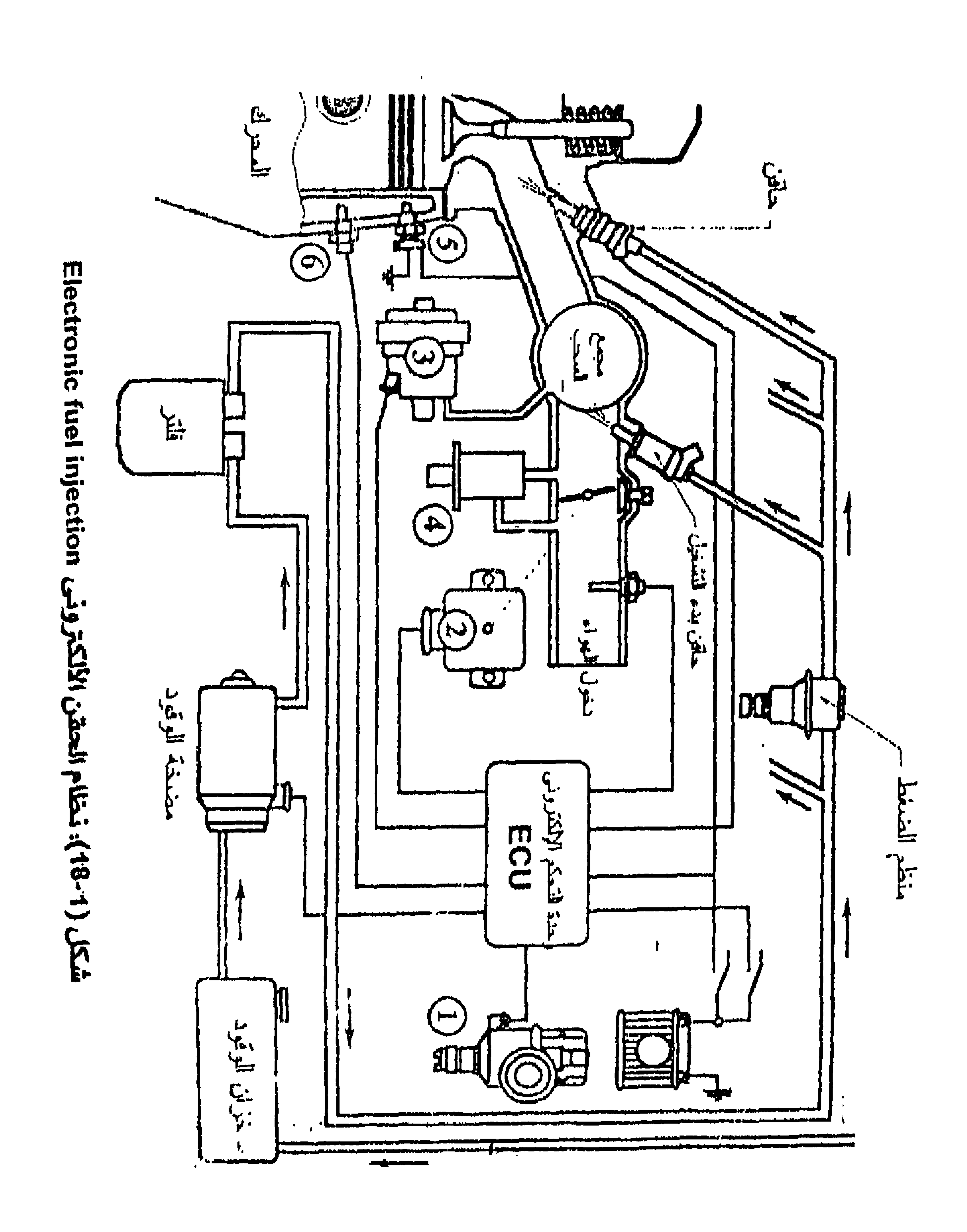
حـواقن الوقـود (الرشاشـات) Fuel injectors هنـا مـن النـوع البسـيط وتحتوى فقط على ياي تفتح عندما يصل ضغط الوقـود إلى المستوى المطلوب، لبـدء تشغيل المحـرك على البـارد Cold Starting ويوجـد حـاقن وقـود إضـافي مثبـت علـى مجمـع السحب كمـا هـو موضـح في شـكل (1-18). لضـخ مزيـد مـن البنـزين لتشـغيل المحرك وخلال فترة التسخين إلى أن يصل إلى درجـة حـرارة التشغيل. ولـذلك يوجـد عضو حساس Sensor للشعور بـدرجة حرارة المحرك وإرسال إشارة كهربيـة إلى مـوزع الوقود لزيادة كمية الوقود خلال فترة التسخين.

ونسـبة الهـواء إلى الوقـود يـتم ضـبطها بواسـطة رافعـة تشـعر بكميـة الهـواء المسحوبة بواسطة المحرك Air flow sensing Valve وتؤثـر في مـوزع الوقـود لزيـادة أو نقص الوقود للوصول إلى أقصى قدرة للمحـرك.

نظام الحقن الألكترونى Electronic fuel injection

في نظـام الحقـن الألكترونـى Electronic fuel injection system، الـذي تم تطويره منذ بداية الثمانينات حتى أصبح يطبق في أغلـب أنـواع المحركـات الحديثـة، تتم جميع عمليات تشغيل نظام حقن الوقود بطريقة إلكترونية. في أغلـب المحركـات الحديثـة توجـد وحـدة تحكـم الكترونـي Electronic control unit (ويرمـز لهـا ECU) تأخذ إشارة من العادم عن كمية الأكسجين به وتقوم بإرسـال إشـارة إلى مـوزع الوقـود لزيادة أو نقص كميـة الوقـود لضـبط نسـبة الهـواء والوقـود الـتي تحقـق أعلـى كفـاءة احتراق وأقل نسبة تلوث للهواء الجوى.

في المحركـات الحديثـة أصـبحت لوحـدة الـتحكم الإلكترونـي ECU وظـائف إضـافية كـثيرة، فهـي تتلقـى إشـارات كهربيـة كمـا هـو موضـح في شـكل (1-18)، مـن مجسات (Sensors) في مجمع السحب عن الضغط المطلق (التخلخل) به ودرجـة حـرارة الهواء الـداخل لمحرك، كمـا أنهـا تتلقـى أيضـاً إشـارات بسـرعة المحـرك (عـدد لفـات في الـدقيقـة rpm) ودرجـة حـرارة المحـرك عـن طريـق عضـو حسـاس في ميـاه التبريـد، وكذلك وضع صمام الخانق Throttle valve.



شكل (1-18): نظام الحقن الالكتروني Electronic fuel injection

يوضح الشكل (1-19) مخطط لوظيفة وحدة التحكم الالكتروني ECU حيث تتلقى الوحدة إشارات كهر بائية من مجسات لقياس ضغط مجمع السحب ووضع صمام الخانق .

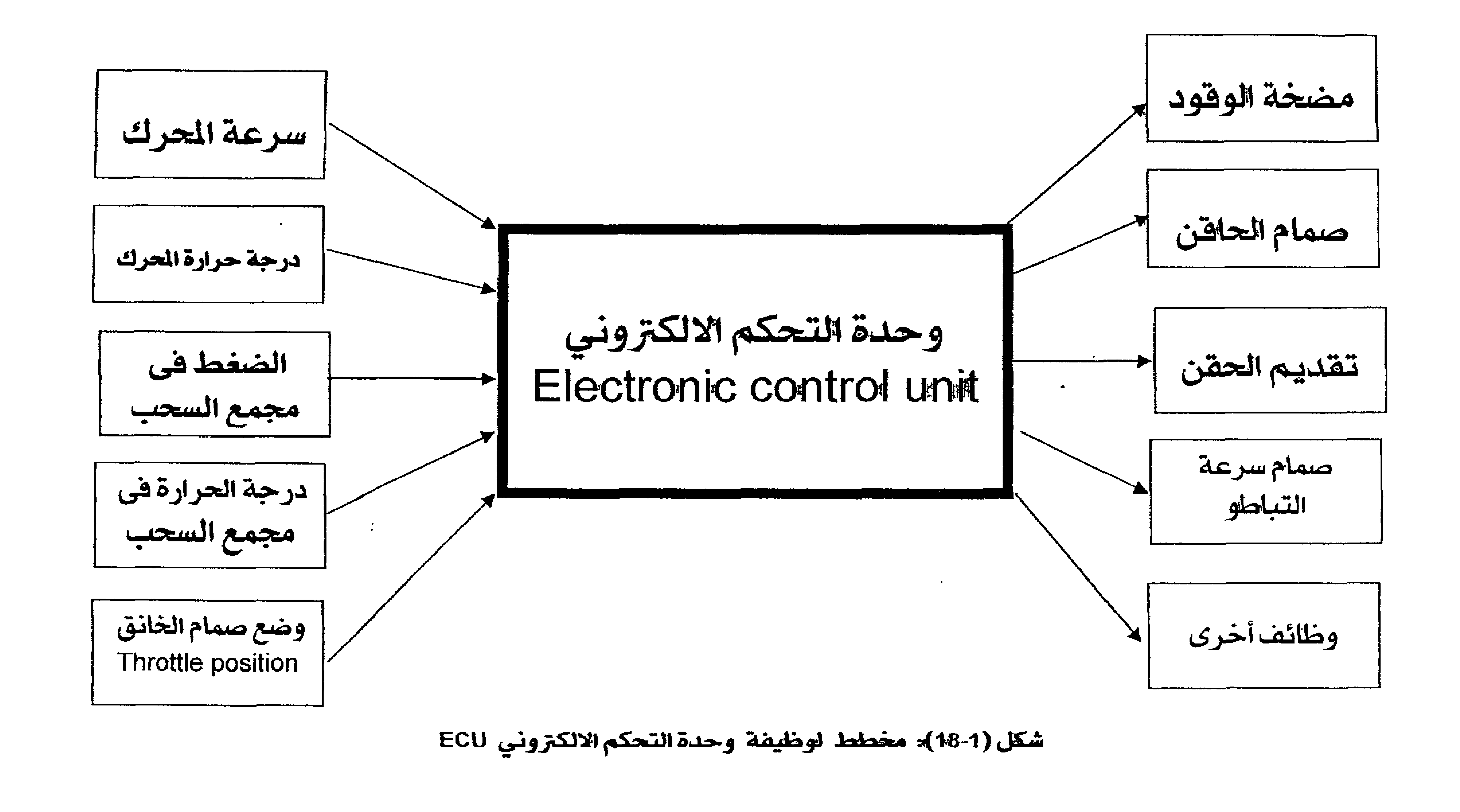
تقوم هذه الوحدة بناءاً على هذه القياسات وغيرها بحساب كمية الوقود المثالية لهذه الظروف، والتوقيت المناسب لفتح صمامات الحقن وفترة الحقن، وإرسال إشارات كهربية إلى صمامات الحواقن الكهربية لتنفيذ هذه المعلومات. كما أنها تقوم بحساب قيمة التقديم في الحقن بناءاً على الإشارات التي تدل على زيادة سرعة المحرك، وتأخيرها عندما يقل التخلخل (يزداد الضغط) في مجمع السحب والذي يدل على زيادة الحمل. تتم هذه الأمور بطريقة أوتوماتيكي إلى جانب ضبط سرعة التباطؤ وخلافه من عناصر تشغيل المحرك.

نظام الوقود فى المحركات التى تعمل بالغاز الطبيعي

Compressed Natural Gas (CNG)

فىهذا النوع من المحركات والتى تعرف بالمحركات المشتركة وهى المحركات التى تعمل بالبنزين والغاز الطبيعى كلا على حدا .

حيث يعبأ الغاز الطبيعي المضغوط Compressed Natural Gas (CNG) في اسطوانات سميكة من الصلب أو الألنيوم المغلف بالفيبرجلاس لمزيد من الأمان. يتم تثبيت اسطوانة من هذا الغاز. تزود سيارات النقل والنصف نقل و الجرارات باسطوانتين أو أكثر حسب الطلب. يندفع الغاز من الاسطوانة خلال أنابيب من الصلب الذي لا يصدأ Stainless steel لإمداد المحرك بكمية تتناسب مع الحمل. يوجد بعد الاسطوانة مباشرة صمام إغلاق أوتوماتيكي Automatic shut off valve يغلق الاسطوانة فور وقوع أي حادث. في نهاية خط الأنابيب يوجد صمام إغلاق يدوى Manual shut off valve يستخدمه السائق لقطع الغاز عن المحرك في حالة رغبته في التشغيل بالبنزين. بالإضافة إلى ذلك يمكن للسائق التحويل من الغاز إلى البنزين أو العكس بمفتاح Selector switch في لوحة تحكم أمامه تبين أيضا كمية الغاز المتبقية فى الاسطوانة.



شكل (1-18): مخطط لوظيفة وحدة التحكم الالكتروني ECU

الوحدة الرئيسية في نظام الغاز تسمى وحدة الخلط Mixing unit ووظيفتها تماثل وظيفة الكربراتير في نظام البنزين، حيث أنها تقوم بخلط الغاز بالهواء بنسب محددة حسب ظروف التشغيل المختلفة، كما أنها تمد المحرك بكمية الشحنة المناسبة للحمل. إلى جانب ذلك يوجد منظم Regulator للغاز يقوم بتنظيم تدفق الغاز بالضغط المناسب لوحدة الخلط. يتم ملأ الاسطوانة بالغاز خلال فتحة الملأ التي يتبعها مباشرة صمام أحادى الاتجاه Non return valve لمنع عودة الغاز وهروبه إلى الجو.

الباب الثاني

جهاز الوقود في محركات الاشتعال بالضغط

"محركات الديزل"

Fuel System in Compression Ignition Engines

" Diesel Engines "

الباب الثاني (Chapter 2)

جهاز الوقود في محركات الاشتعال بالضغط (محركات الديزل)

Fuel System in Compression Ignition Engines " Diesel Engines "

مقدمة

في محركات الديزل يتم حقن الوقود تحت ضغط مرتفع في غرف الاحتراق بكميات محددة حسب ظروف التشغيل وفى توقيت محدد لتختلط بالهواء المضغوط وتحترق ذاتيا عندما تصل إلى درجة الاشتعال الذاتي.

محركات ديزل Diesel Engine التي تعمل بوقود الديزل "سولا " والتي تعمل على حقن الوقود عند ضغط مرتفع داخل الاسطوانة التي تحتوى على هواء ذات درجة حرارة مرتفعة تساوى درجة حرارة الاشتعال الذاتي للوقود ولهذا يسمى هذه النوع بـ Compression Ignition Engine (CIE). ويختلف جهاز الوقود في محركات الديزل عن تلك الموجود في محركات البنزين وذلك نظراً لاختلاف الدورة الحرارية ونوع الوقود المستخدمة في كلا المحركان.

يقوم وقود الديزل بثلاث مهام رئيسية في دورة وقود الديزل

أولاً: يقوم بالإمداد بالطاقة الكيميائية والتي ستتحول إلى طاقة ميكانيكية.

ثانياً: تزييت الأجزاء الميكانيكية لدورة الوقود مثل المضخة والحاقن (الرشاش).

ثالثاً: تبريد أجزاء المضخة والحاقن (الرشاش).

ولذلك لابد من توافر المقومات الثلاثة السابقة في الوقود عموما و إلا فان أداء المحرك ستتأثر تأثيرا سلبيا، وتعد أهم خواص الوقود التي تؤثر في أداء المحرك هي:

1- القيمة الحرارية للوقود Heat Valve

تعرف بأنها كمية الحرارة الناتجة عن حرق 1 كجم من الوقود (kj/ kg)وكلما ارتفعت القيمة الحرارية قل استهلاك الوقود وزادت الكفاءة.

2- الوزن النوعي Specific gravity

هي النسبة بين كثافة الوقود إلى كثافة الماء وتبلغ هذه النسبة لوقود الديزل بين 0.80 إلى 0.94 وهى دالة أيضاً في القيمة الحرارية للوقود فكلما زاد الوزن النوعي كانت القيمة الحرارية عالية.

3- نقطة الوميض Flash Point

هي درجة الحرارة التي يمكن لبخار الوقود في مجال مفتوح أن يشتعل ذاتياً، وهى هامة جداً لضمان الأمان أثناء عمليات التخزين والتعبئة.

4- التبخر Volatility

يجب أن يتصف الوقود بإمكانية تحوله إلى بخار تحت تأثير حرارة الانضغاط داخل المحرك وعموماً يتبخر نحو 90٪ من الوقود داخل المحرك وإذا قلت هذه النسبة تؤدى إلى انخفاض القدرة وتكون الكربون وزيادة التآكل بالإضافة إلى صعوبة بدء الإدارة.

5- رقم السيتان Cetane number

يحقن وقود الديزل في غرف الاحتراق في صورة سائلة ويجب تبخره بسرعة واشتعاله ذاتياً وتسمى خاصية التبخر والاشتعال بسهولة بجودة الاشتعال Ignition quality. وجودة الاشتعال يمكن تقديرها عن طريق رقم السيتان وينسب رقم

السيتان إلى وقود السيتان النقي وهو وقود اختبارات، وكلما ارتفع رقم السيتان في خليط الوقود يعطى جودة اشتعال عالية ويعد رقم السيتان 50 هو النوع الشائع من الوقود. ويمكن استخدام وقود ذو رقم آخر حسب طبيعة المحرك والأداء والذي يوصى به من قبل المصنع.

6- درجة الانسكاب Pour Point

تعرف بأنها أقل درجة حرارة يمكن للوقود أن ينساب عندها تحت تأثير وزنه فقط. تبلغ هذه الدرجة نحو خمسة درجات فوق درجة تجمد الوقود. ويمكن إضافة مواد للوصول بهذه الدرجة إلى قيم أقل لضمان عدم تجمد الوقود في المواسير في الشتاء.

7- اللزوجة Viscosity

تعد من أهم خواص الوقود التي يجب التأكد منها حيث تؤثر على عمر أجزاء المضخة والرشاشات بالإضافة إلى شكل مخروط الحقن (مخروط خفيف – مخروط ثقيل) وبالتالي تؤثر على تذرية الوقود وجودة الاحتراق وأداء المحرك. وتعرف بأنها مدى مقاومة زيت الوقود للسريان وتتراوح بين 2.4 إلى 4.1 سنتيستوك Centistokes وانخفاض اللزوجة عن 2.4 يؤدى إلى تلف أجزاء المضخة والرشاشات.

8- بقايا الكربون والشوائب Carbon residue

إن عدم الاحتراق الكامل للوقود يؤدى إلى وجود بقايا كربونية دقيقة جداً لها تأثير سيئ جداً خاصة على المحركات الصغيرة ذات السرعات العالية، وسبب عدم الاحتراق الكامل قد يكون عدم ضبط توقيت حقن الوقود أو استخدام وقود به نسبة عالية من الشوائب (Ash) أو تصميم شكل غرفة الاحتراق.

9- نسبة الكبريت Sulfur

يجب إلا تتعدى نسبة الكبريت في الوقود عن 0.05٪ بالوزن.

الشروط الواجب توافرها في دورة وقود الديزل

1- توزيع كمية وقود متساوية لكل اسطوانة عند جميع السرعات.

2- حقن الوقود في اللحظة المناسبة.

3- صغر فترة حقن الوقود.

4- حقن الوقود بالمعدل الكافي للتحكم في القدرة الناتجة عند كل الظروف.

5- تذرير الشحنة داخل غرف الاحتراق بقدر كاف وبما يتلاءم مع نوع غرف الاحتراق.

6- توزيع الوقود بشكل متجانس داخل غرفة الاحتراق.

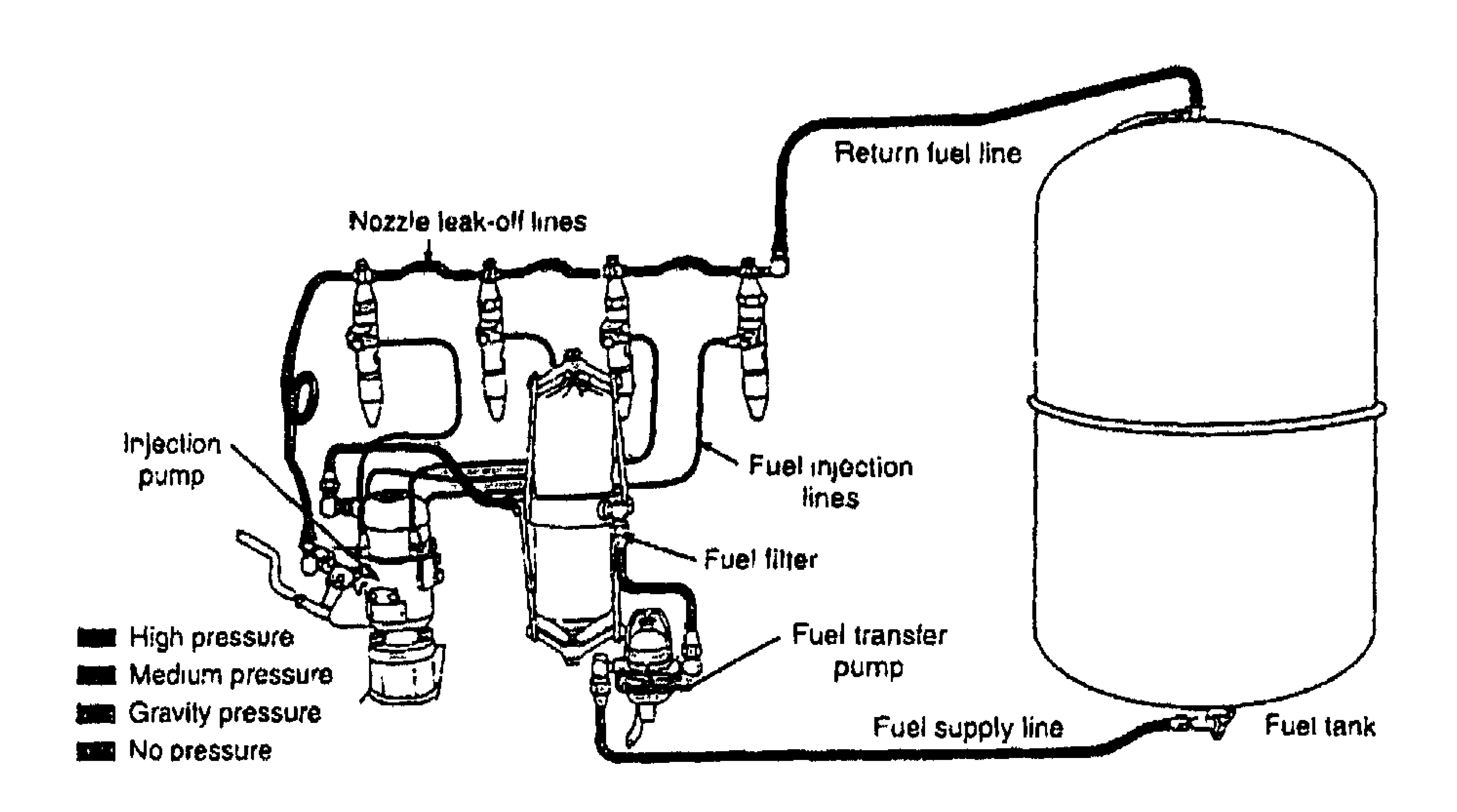
مكونات جهاز الوقود في محركات الديزل

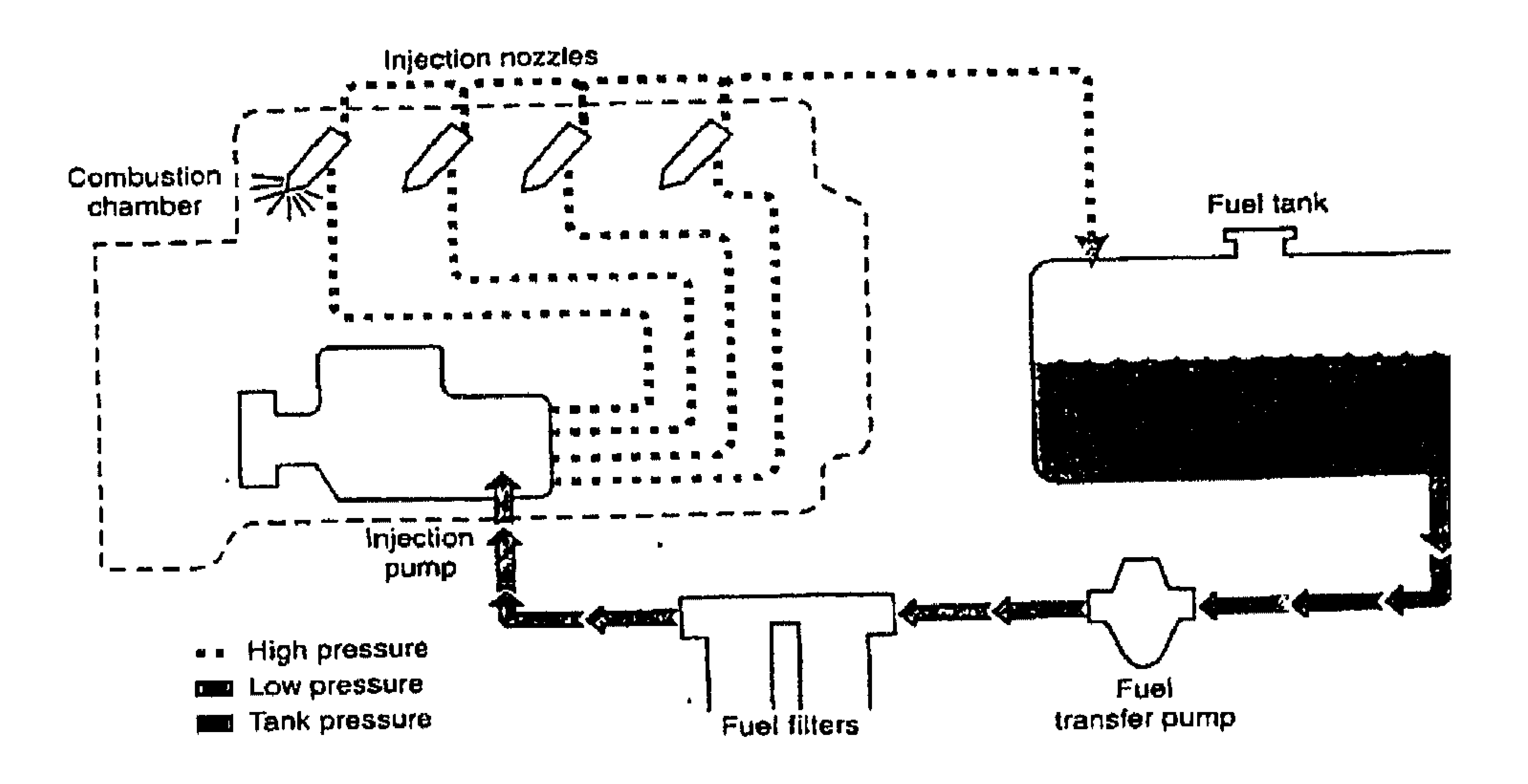
تتكون دورة الوقود لمحركات الديزل كما في شكل (2-1) من الأجزاء الآتية: خزان الوقود Fuel tank - مضخة التوصيل Transfer Pump أو مضخة التغذية Feed pump - الفلاتر Fuel filters- ومرسب الشوائب Fuel sedimentary- مضخة حقن الوقود Injection pump - وحواقن الوقود (ا لرشاشات) Injectors . يوجد فى كل رشاش خط رجوع للوقود الزائد عن الحاجة إلى خزان الوقود.

ويمكن التعرف على محرك الديزل بمجرد النظر إلى المحرك لوجود مضخة الحقن والرشاشات وخطوط الوقود كما يوضح شكل (2-2). وفيما يلي شرح لمكونات جهاز الوقود في محركات الديزل.

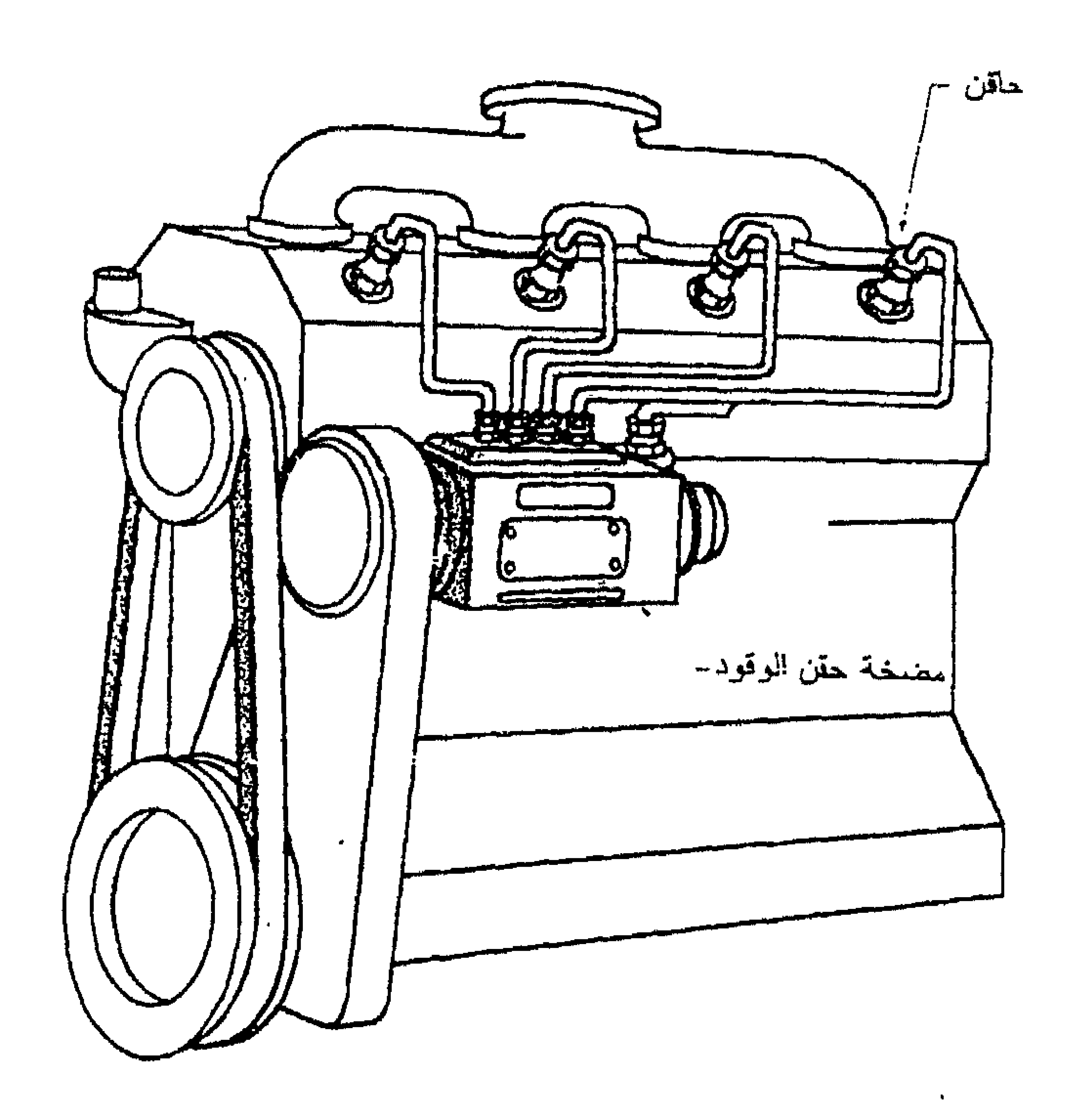
خزان الوقود Fuel tank

يقوم الخزان بحفظ الوقود اللازم لإدارة المحرك بالإضافة إلى تبريد الوقود الفائض المرتفع الحرارة العائد إلى الخزان ويصنع الخزان من شرائح الصلب أو سبائك الألومونيوم وقد ساد النوع الأخير لخفة وزنه. وإن كان الصلب قليل التكاليف ولا يفضل بل يحذر استخدام الصلب المجلفن حيث يتفاعل مع الوقود مكونا شوائب دقيقة كالبادرة، قد تسبب انسداد الفلاتر وإلى تلف المضخة والرشاشات.





شكل (1-2) دورة الوقود لمحركات الديزل محركات الاشتعال بالضغط



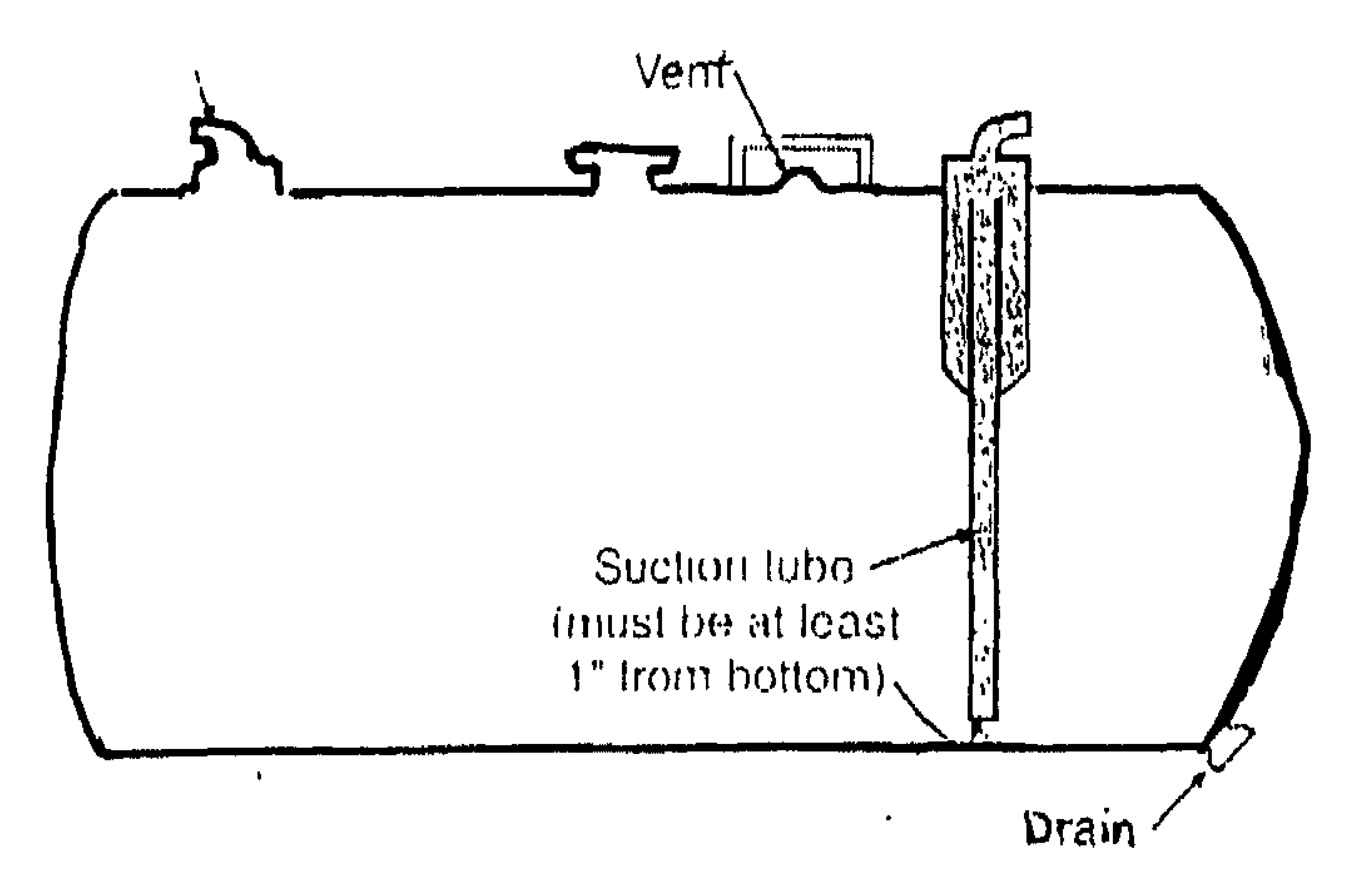
شكل (2-2) : التعرف على محرك الديزل Diesel engine

هناك تصميمات مختلفة من خزانات الوقود . وكل حجم وشكل مصمم لمتطلبات محددة ويحتوى خزان الوقود على الوقود اللازم للتشغيل لوقت محدد أو لقطع مسافة محددة، فمثلا يصمم خزان الوقود لمحرك الجراران والمحركات الثابتة بحيث يكفى للعمل على الحمل الكامل لزمن لا يقل عن 10 ساعات تشغيل ولمحرك السيارة لقطع مسافة 200 إلى 500 km. وتتراوح سعة الخزان في محركات الديزل 60 إلى 120 لتر وفى بعض الاستخدامات قد يستخدم خزانين متصلين معاً، ويمكن وضع خزان الوقود بحيث يتم إمداد مضخة الحقن بالوقود عن طريق التثاقل. أما إذا وضع خزان الوقود تحت مستوى مضخة الحقن فيلزم في هذه الحالة مضخة تحضيريه "توصيل"وحديثا تزود خزانات الوقود "خصوصا في الجرارات ومعدات

استصلا ح الاراضى يخطين للإمـداد بـالوقود لضمان إمـداد المحـرك بـالوقود بشكل كافي ومناسب عند صعود المرتفعات أو الهبوط فيها.

ويزود خزان الوقود بفتحه للمليء كما يوضح شكل (3-2). ويحتوى غطاء هذه الفتحة على وسيلة تنفس (Vent) للضغط على شكل تجاويف صغيره عادة. ويجب موازنة الفرق بين ضغط الهواء داخل خزان الوقود وخارجه، وخصوصا إذا كانت درجات حرارة الجو المحيط مرتفعه. وعلاوة على ذلك فأنها تقلل من احتمالات حدوث الانفجارات التي يزداد توقع حدوثها عندما يكون الخزان فارغ تقريبا. وتشتمل ماسورة (فتحته) المليء عادة على مصفاة لتنقية الوقود من الشوائب عند المليء. ويوجد بأسفل موقع في خزان الوقود سدادة التصريف الوقود (طبة تقريع الوقود Drain) من الخزان ، ولمنع حدوث اى فقد في الوقود يجب أن تكون السدادة دائما محكمة التركيب.

وفى كثير من المركبات الحديثة يوجد في خزان الوقود كاشف للمياه Water detector متصل بلمبة في لوحة القيادة "التابلوه" يبين للسائق وجود مياه في الخزان أم لا.



شكل(3-2) : خزان الوقود

خطوط الإمداد بالوقود fuel lines

وتصنع خطوط الإمداد بالوقود عادة من المواسير النحاسية أو الخراطيم المطاطية المقاومة للتآكل بفعل الوقود. وينبغي بذل عناية خاصة عند تركيب خطوط الإمداد بالوقود ، فيجب ألا تتحرك أو تتأثر بحركة مكونات المحرك، كما يجب حمايتها من الصدمات التي تحدث أثناء التشغيل وفى حالات خاصة يجب استخدام وساده مطاطية لهذا الغرض. وينبغي كذلك عدم تركيب خطوط التغذية بالوقود بالقرب من ماسورة العادم حتى لا تتكون فقاعات غازيه (بخارية) في هذه الخطوط، نتيجة لارتفاع درجة الحرارة، فينشأ عنها ما يعرف بـ انحباس أبخرة الوقود . وهناك ثلاثة أنواع من خطوط إمداد الوقود وتعتمد بصفه رئيسيه على مقدار الضغط:-

- خطوط الضغط العالي heavy pressure pipe lines وتستخدم للضغوط المرتفعة بين مضخة الحقن والرشاشات.
- خطوط الضغط المتوسط medium pressure pipe lines وتستخدم للضغوط المتوسطه بين الخزان وطلمبة الحقن.
- خطوط الضغط الخفيفة light pressure pipe lines وتستخدم للضغوط الخفيفة بين الرشاشات والخزان.

ويجب أن تتساوى أطوال خطوط الضغط العالي ما بين مضخة الحقن والرشاشات

مقياس الوقود Fuel gauges

تزود دورة الوقود بمقياس مستوى الوقود في الخزان، والنوع الشائع استعماله حاليا في مبينات الوقود الكهربائيةElectric type ويوجد منه نوعين:

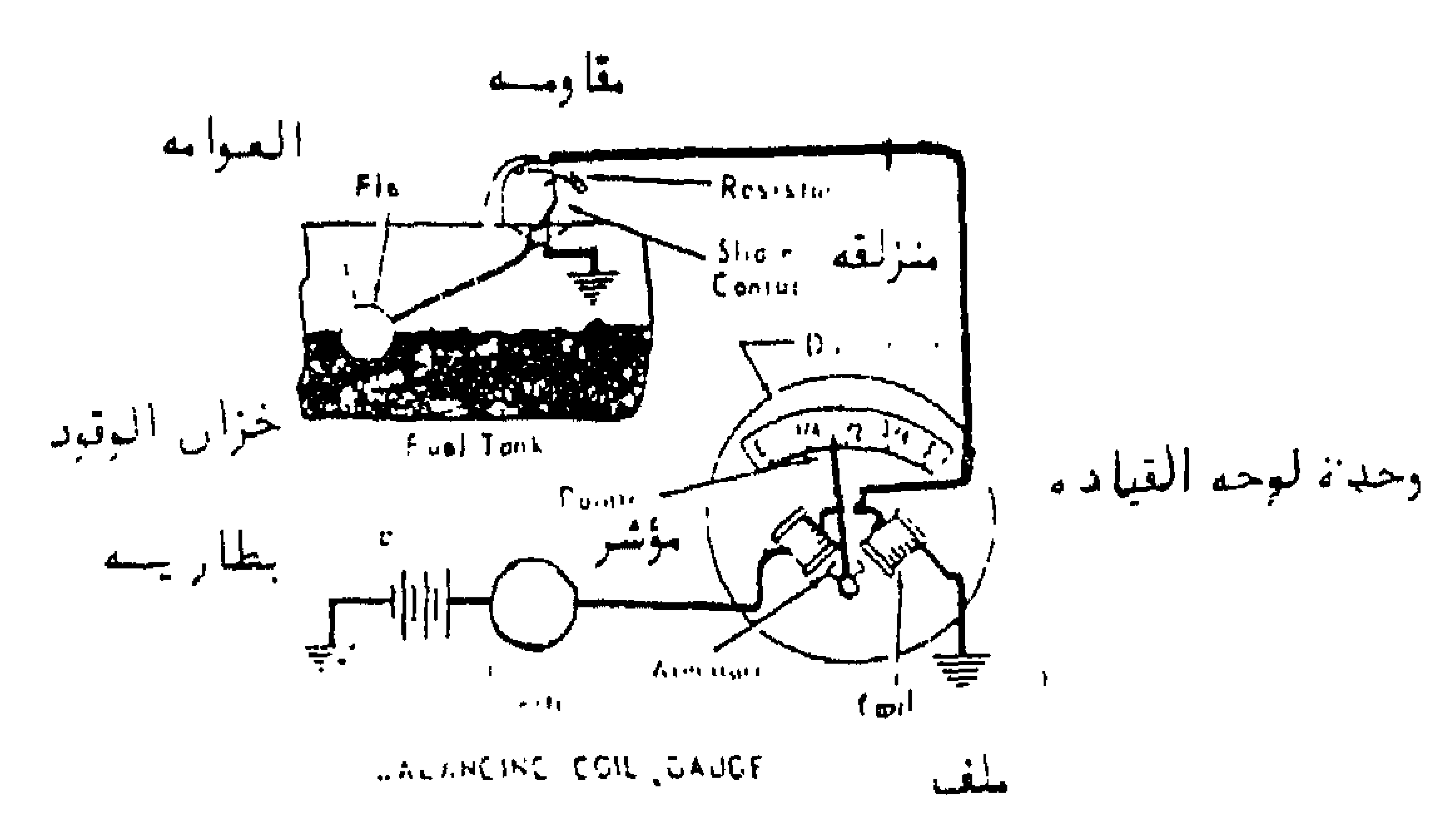
أ- مقياس الوقود ذو ملفي التوازن Balancing Coil Fuel Gauge

ب- مقياس الوقود الاستاتيكى الحراري Thermostatic Fuel Gauge

بشكل عام يحتوى مقياس مستوى الوقود على وحده بالخزان Tank unit ووحده أخرى على لوحة القيادة تعرف بوحدة القرص.Disk unit

أ- مقياس ذو ملفي التوازن Balancing Coil Gauge

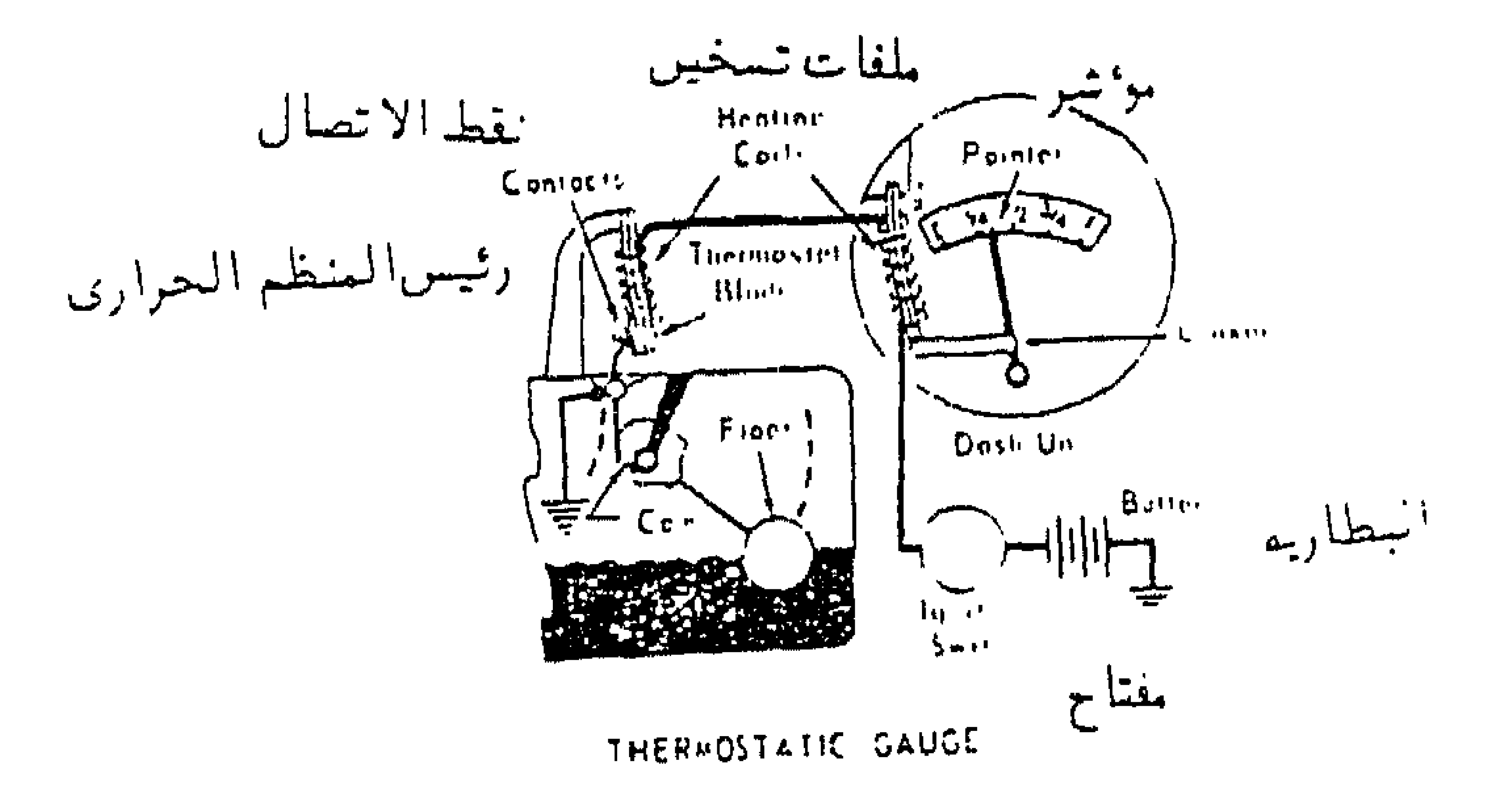
يوضح شكل(2-4) نموذج لمقياس الوقود ذو ملفي التوازن حيث تحتوى وحدة الخزان على نقطة اتصال منزلقة تتحرك على مقاومه كهربيه إلى الأمام والى الخلف أثناء تحرك العوامة إلى أعلى والى أسفل بداخل الخزان، مما يغير من مقدار مقاومة الوحدة في الدائرة الكهربية للمبين وعليه فعندما يفرغ الخزان empty تسقط العوامة وتتحرك نقطة الاتصال المنزلقة لتقلل من مقدار المقاومة في الدائرة الكهربية .وتحتوى وحدة لوحة القيادة على ملفين E, F كما هو مبين في شكل (2-4) وعندما يقفل مفتاح الدائرة الكهربية بالمحرك يمر تيار كهربي من البطارية خلال الملفين ويحدث ذلك مجالا مغناطيسيا يؤثر في عضو الاستنتاج المسطح المثبت عليه مؤشر. فعندما تكون مقاومة وحدة الخزان كبيرة (الخزان ممتلىء filled والعوامة مرتفعه) يكون التيار المار خلال الملف E (فارغ) هو نفس التيار المار خلال الملف F (ممتلىء) وعلى ذلك يجذب عضو الاستنتاج إلى اليمين ويبين المؤشر F . ولكن تقل مقاومة وحدة الخزان إذا بدء في تفريغ الخزان وتبعا لذلك يمر مقدار اكبر من التيار خلال ملف E في وحدة الخزان ويقل التيار المار في الملف F مما ينتج عنه وجود مجال مغناطيسي أصعب. وبذلك يجذب ملف F عضو الاستنتاج نحوه ويتحرك المؤشر على التدريج متجها نحو E .



شكل (2-4): مبين مستوى الوقود ذو ملفي التوازن

ب- مقياس الوقود الاستاتيكى الحراري Thermostatic Fuel Gauge

يحتوى هذا النوع شكل (2-5) على زوج من الريش التي تتأثر بالحرارة وملحق بكل منها ملف تسخين. ويتصل الملفان على التوالى خلال مفتاح دائرة الاشتعال بالبطارية. وتحتوى وحدة الخزان كذلك على عوامة تتحرك بواسطتها كامة تعمل أثناء دورانه على ثنى الريشة الحرارية. فإذا ما كان الخزان ممتلئاً تكون العوامة مرتفعة وبذلك تؤثر الكامة في الريشة فتثنيها. وعلى ذلك إذا ما أقفلت الدائرة الكهربية بواسطة مفتاح دائرة الاشتعال. مر التيار خلال ملفات التسخين. ويزيد انثناء ريشة الخزان إذا سخنت تسخيناً كافياً بحيث ينتج على ذلك انفصال قطعتي الاتصال ثم تبرد الريشة و وتصل قطعتا الاتصال ثانية فتسخن الريشة وتنفصل القطعتان ثانية. تستمر هذه العملية بين اتصال وانفصال لقطعتي الاتصال، وذلك ما دام مفتاح دائرة الإشعال مقفلاً. وتنثني بنفس المقدار وتنتقل حركة الريشة بواسطة وصلة إلى المؤشر الذي يتحرك بدوره ليشير إلى F الموجود على التدريج المبين. أما إذا كان الخزان فارغاً تقريباً فتكون العوامة إلى أسفل وتثنى الكامة الريشة الحرارية قليلاً. ونتيجة لذلك يلزم كمية صغيرة من الحرارة لزيادة ثنى الريشة وفتح قطعتي الاتصال، تثنى ريشة لوحة القيادة قليلاً ويشير المؤشر إلى E على التدريج.



شكل (2-5): مبين مستوى الوقود الاستاتيكى الحراري

مضخة التوصيل Fuel Transfer Pump

تتطلب دورة الوقود في محرك الديزل وجود مضخة لسحب الكميه اللازمة من الوقود من خزان الوقود ودفعها عن طريق الفلتر إلى مضخة الحقن وتعرف هذه المضخة بمضخة التوصيل أو مضخة التغذية Fuel Feed pump بحيث تقوم بتوصيل الوقود تلقائيا بضغط موجب وثابت ومقياس عند مدخل مضخة الحقن.

تثبت مضخة الوقود إلى جانبي جسم الاسطوانات في المحركات ذات الاسطوانات المرئية على خط مستقيم واحد، أو بين جسمي الاسطوانات إذا كانت اسطوانات المحرك مرتبه على شكل حرف V ويتصل بالمضخة ذراع ذو حركه ترددیه يمتد إلى داخل جسم الاسطوانة خلال فتحه به ويستند ذراع الحركة الترددية على عجله لامركزية على عمود الكامات وفى محركات اسطوانات V يكون ذراع الحركة الترددية مستندا إلى عمود دفع مرتكز عند النهاية السفلى على قرص لا مركزي موجود على عمود الكامات. وفيما يلي أنواع مضخات التوصيل:

1- المضخة الميكانيكية ذات الغشاء (الرداخ)

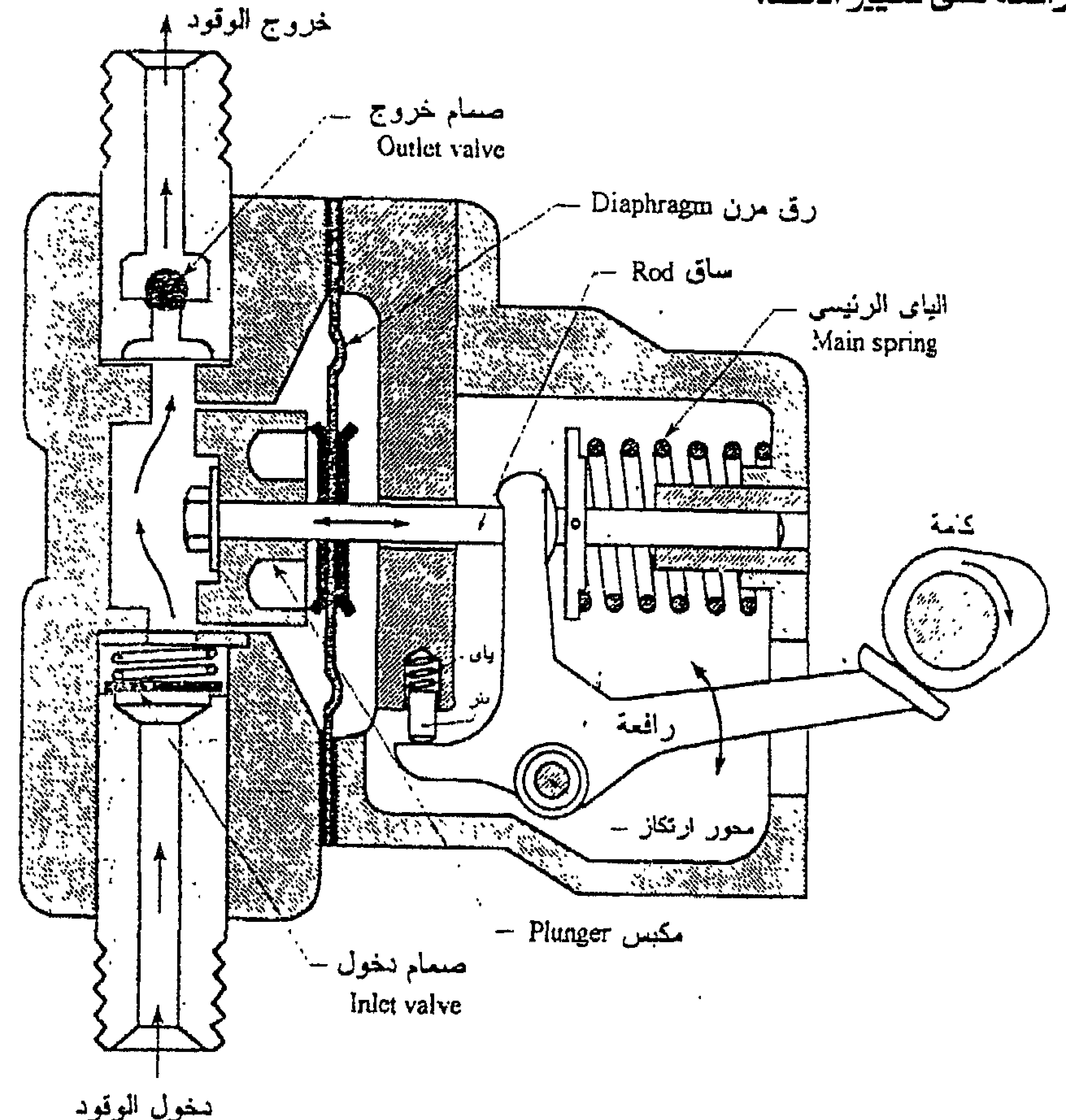
Mechanical Diaphragm transfer pump

من أشهر أنواع مضخات التوصيل استخداماً ذلك النوع المعروف باسم مضخة التوصيل ذات الغشاء Diaphragm plunger fuel feed تتشابه تركيب هذه المضخة إلى حد كبير مع مضخة محرك البنزين وتأخذ مضخة التوصيل حركتها من عمود الكامات الخاص بها. وفى بعض الحالات تأخذ حركتها من عمود كامات المحرك وهذه المضخة من النوع الموجب الإزاحة Positive displacement pump .

وتتكون المضخة من غشاء مرن Diaphragm وكباس Plunger وساق Red كما هو موضح بشكل (2-6) حيث يحرك الساق حركة ترددية بواسطة رافعة تأخذ حركتها من كامة عند طرف ذراعها وينتج عن ذلك حركة ترددية للساق والكباس والغشاء المرن، فعندما يتحرك الكباس إلى أسفل يقوم بسحب الوقود عبر صمام الدخول Inlet valve. وعندما يتحرك لأعلى يغلق صمام الدخول بفعل الياي الخاصة

به، ويفتح صمام الخروج outlet valve حيث يندفع الوقود إلى الفلتر. ويلاحظ أن الرافعة تعود إلى مكانها بعد كل مشوار بفعل قوة الياي الرئيسي. ويلاحظ أن وظيفة الغشاء لا تتعدى كونه مانع لتسرب الوقود، فعملية دفع الوقود تتم بصفة أساسية بواسطة الكباس وحركته الترددية.

وضغط الوقود الخارج من المضخة يتراوح من 1 إلى 2 MPa عندما يرتفع الضغط عن ذلك لا يفتح صمام الدخول بسبب قوة الياي الخاصة به بالإضافة إلى الضغط الواقع عليه، ولا يستطيع قوة الياي الرئيسة إعادة الساق والرافعة إلى الوضع الطبيعي. وعلى ذلك يقل مشوار الساق بالكباس، أي أن مشوار الساق والكباس متغير حسب ضغط الوقود. لذلك يوجد بنز إضافى للرافعة مضغوط عليه بفعل ياي صغير لكي تظل الكامة ملامسة للذراع طوال الوقت ولتلافي تصادم الكامة مع ذراع الرافعة على تغيير الخط.



شكل (2-6) : مضخة التوصيل أو مضخة تذود الوقود

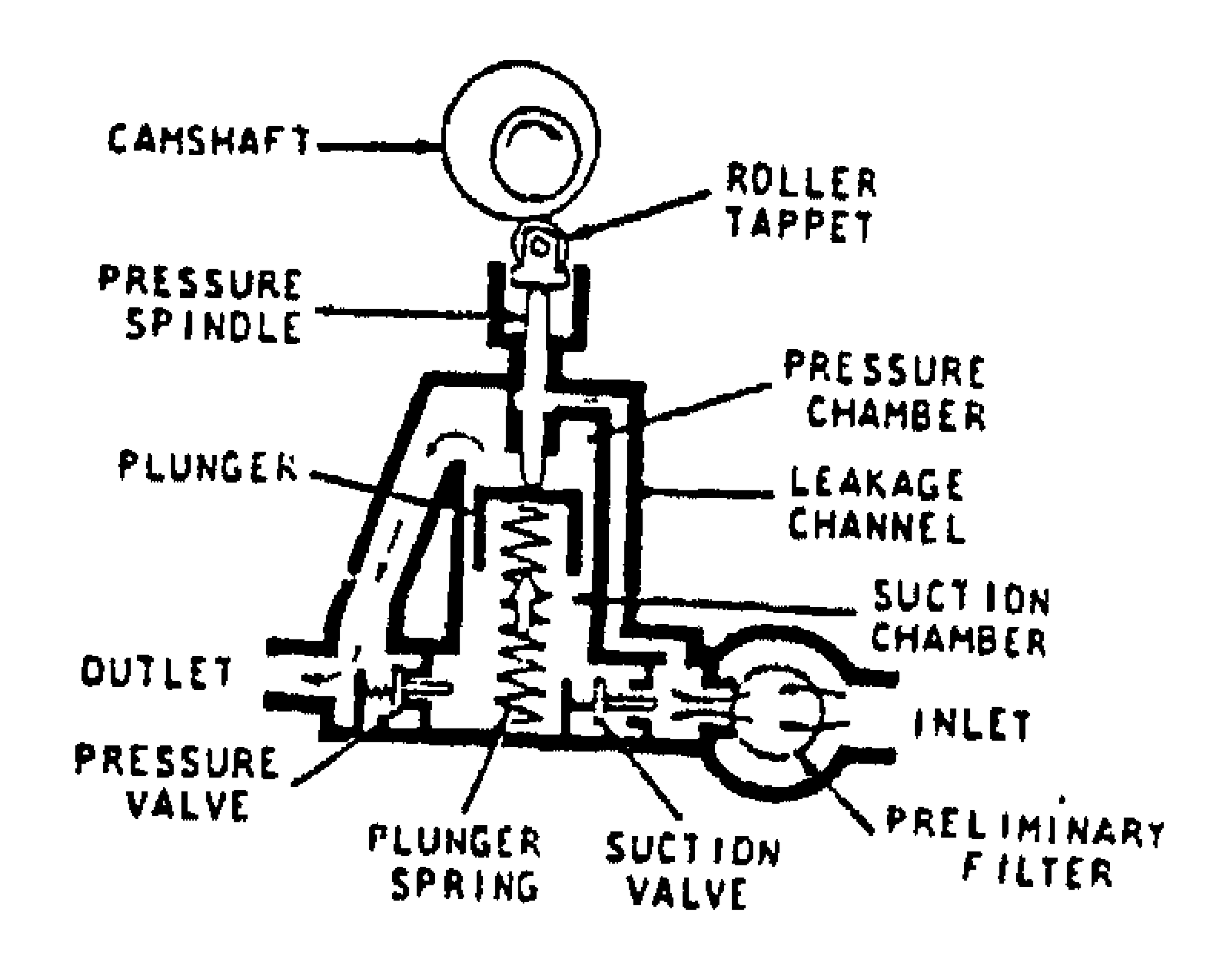
وتـزود مضـخة التوصـيل برافعـة التحضـير اليدويـة Hand priming lever عندما يحدث تفريغ للوقود في الخزان والمضخة وخطوط الأنابيب وعند إعادة ملأ الخزان بالوقود من جديد يعرقل الهواء الموجود في المضخة والأنابيب عليه سحب الوقود لذلك تستخدم هذه الرافعة اليدوية في إجبار الوقود على ملأ نظام الوقود تمهيداً للتخلص من فقاقيع الهواء وهذه الرافعة مثبتة بياي على جانب المضخة بحيث لا يكون لها أي تأثير على التشغيل العادي للمضخة ويجب الإشارة أنه لا يمكن أن تعمل هذه الرافعة إلا عندما يكون المكبس في نهاية مشواره. لذلك قد يتطلب الأمر لف المحرك لتحقيق هذا الشرط.

2- مضخة التوصيل الترددية:

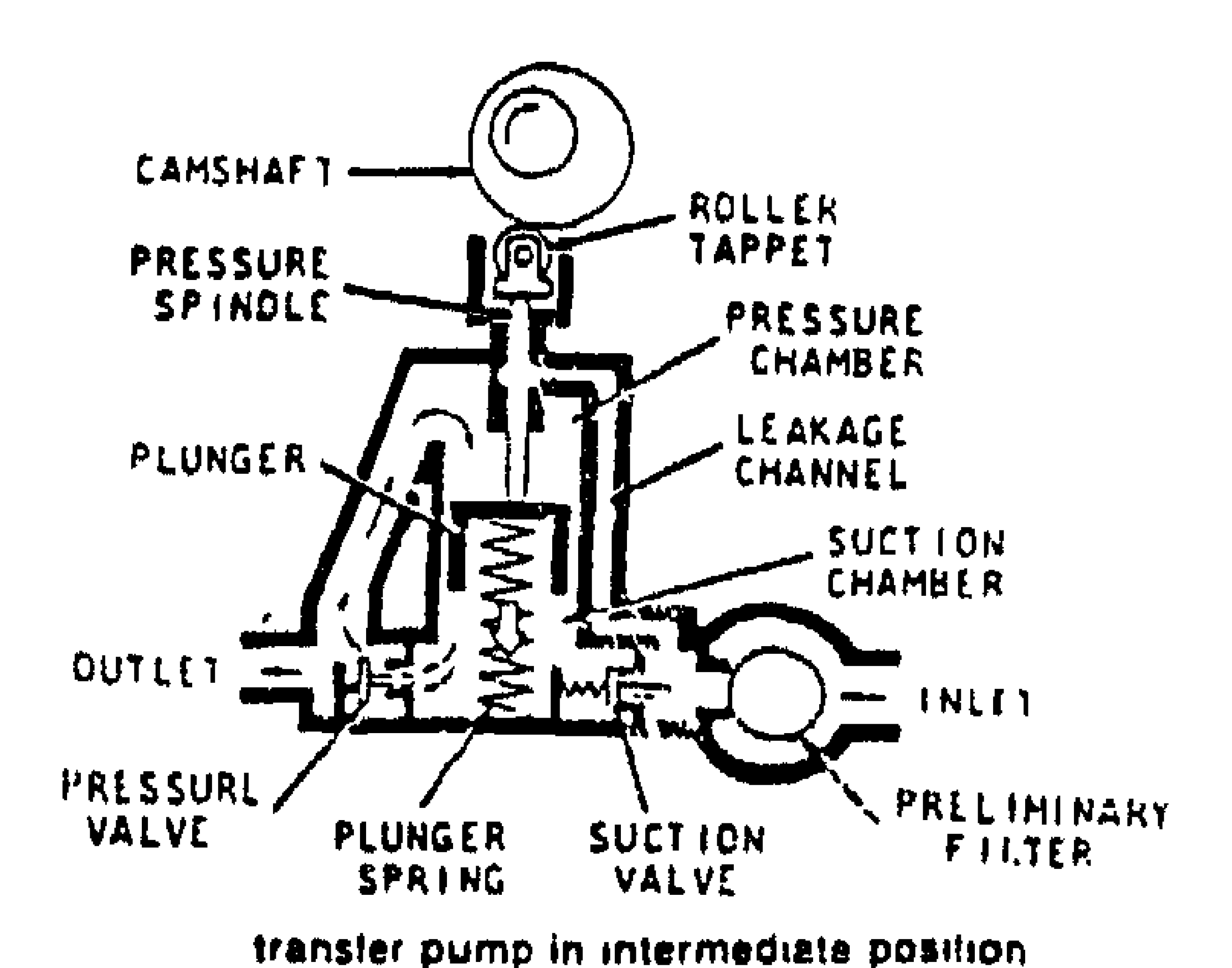
ويوضح شكل (2-7) نموذج لمضخة التوصيل والتي تعرف بالمضخة الترددية. وفكرة عمل هذه المضخة كما يلي عندما يرفع العمود ويتحرك المكبس إلى أعلى فيضغط الوقود الموجود في حيز الوقود العلوي ويندفع إلى ماسورة التصريف، وينتج عن تحرك المكبس إلى أعلى ازدياد حيز الوقود السفلى فيدخل إليه الوقود عن طريق صمام السحب، وعندما يتحرك الكباس إلى أسفل يضغط الياي فيمر الوقود الموجود في حيز الوقود السفلى إلى ماسورة التصريف وأيضا إلى الحيز العلوي للوقود وعندما يتحرك المكبس إلى أسفل ينشأ فعل السحب مره أخرى ويندفع الوقود الموجود في الحيز العلوي إلى المحرك. ولا يحتاج المحرك أطلاقا إلى الكمية الكلية للوقود التي تدفعها المضخة الترددية في الدورة الواحدة.

تنقية وقود محركات الديزل

يعمل محرك الديزل في ظروف عمله أقسى من المحركات الأخرى ويعتمد كفاءة تشغيله إلى حد كبير على نظافة الوقود الداخل إلى مضخة الحقن والرشاشات، حيث تعتبر الأوساخ والشوائب والأتربة السبب الرئيسي وراء التآكل في نظام الحقن لذلك يجب التاكسد من نظافة الوقود المستخدم خلال تداوله وتخزينه بالإضافة إلى استخدام فلاتر جيدة لعملية التنقية.



transfer pump on inlet stroke



transfer pump in intermediate position

شكل (2-7): مضخة التوصيل الترددية الشائع استخدامها في محركات الديزل

تعتبر عملية تنقية الوقود في محركات الديزل اكبر أهمية منه في محركات البنزين وذلك يرجع إلى احتواء وقود الديزل (السولار) على شوائب دقة الأجزاء المستخدمة في عملية حقن الوقود وارتفاع تكاليف الصيانة لهذه الأجزاء . فإذا وجدت شوائب في مضخة الحقن فأنها تتآكل بسرعة وبالتالي يحدث انخفاض في ضغط معدل سريان الوقود إلى الاسطوانة مما يؤدى إلى عدم ترذيذ الوقود. يعتمد كفاءة تشغيل محرك الديزل إلى حد كبير على نظافة الوقود لذلك يجب التأكد من نظافة الوقود المستخدم خلال تداوله وتخزينه بالإضافة إلى استخدام فلاتر جيدة مع المحرك. لذلك تلعب الفلاتر دورا هاما جدا وتتوقف عليها حياة مضخة الحقن والرشاشات وهى أجهزه دقيقه الصنع وغالية الثمن وتعمل على ضغط عالي جدا،

لذلك يجب حمايتها من الأتربة والشوائب حتى لا تحدث اى خدش أو انسداد في هذه الأجهزة ولهذا تحتوى دورة الوقود في محركات الديزل على أكثر من فلتر وهذا لضمان حجز كل الشوائب قبل وصولها إلى مضخة الحقن أو الرشاش. لذلك يزود نظام الوقود بفلتر أو أكثر بالإضافة إلى مرسب شوائب.

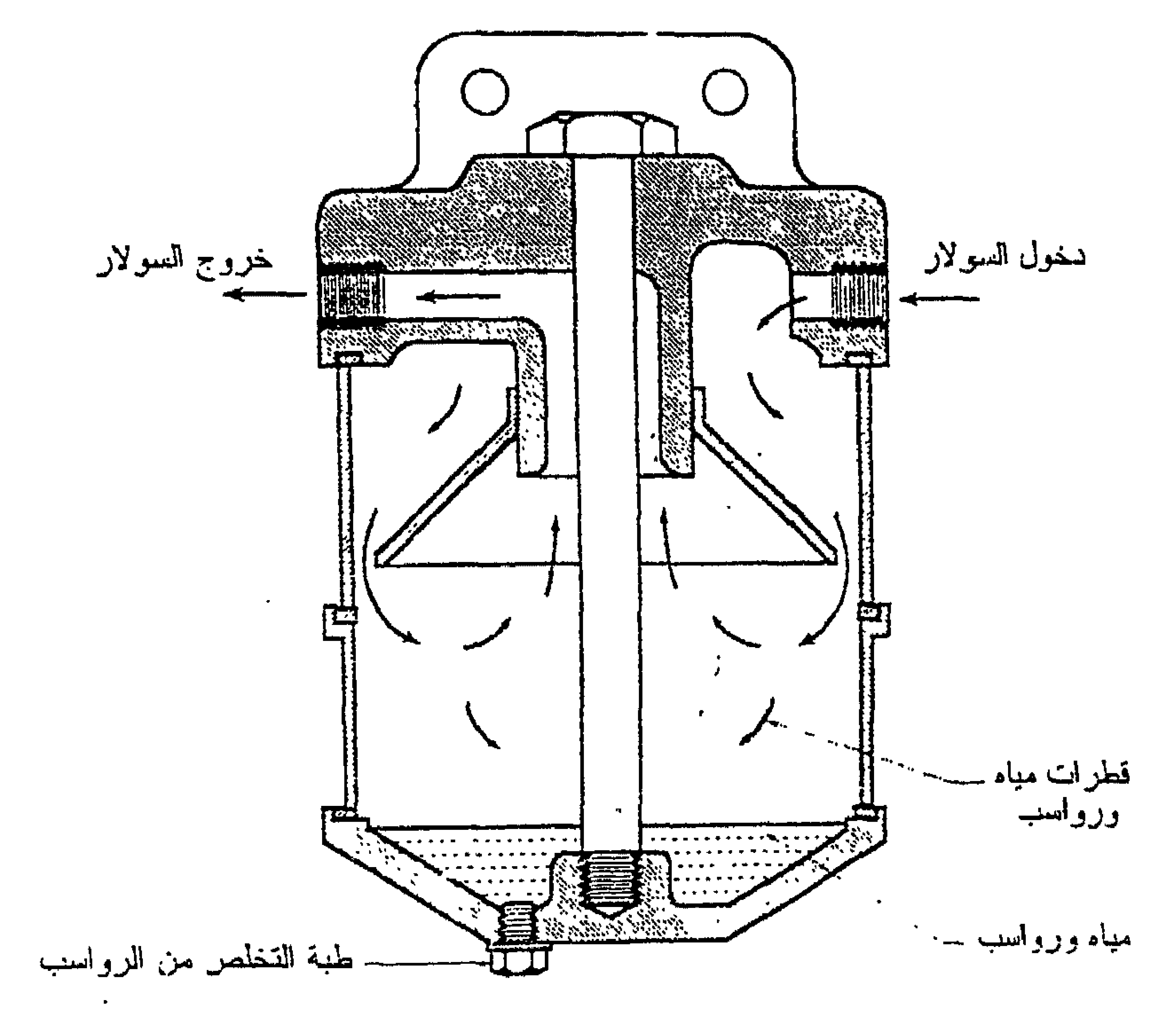
- مرسب الشوائب Sedimenter

تحتوى دورة الوقود على مرسب شوائب Sedimenter "كوب التنقية" Filter screen (شكل 2-8) ويعمل على ترسيب الشوائب وفصل المياه عن الوقود، وهو موجود بين الخزان ومضخة التوصيل ويقوم بتنقية الوقود قبل دخوله مضخة التوصيل وهو عبارة عن وعاء ترشيح من الزجاج يمكن رؤية الجسيمات الغريبة أو الشوائب من الخارج. ويعتمد فكرته على التغيير المفاجئ لاتجاه حركة الوقود، حيث يدخل الوقود من أعلى من خلال مقطع مخروطي وبسرعة متجه إلى محيط الفلتر ثم يتجه إلى مركزه ليخرج من فتحة الخروج وينتج عن هذه الحركة الدورانية وبالإضافة لتغير المفاجئ لاتجاه الحركة فصل للشوائب الثقيلة والماء حيث تستقر في المجمع السفلى، ويتم التخلص منها على فترات عن طريق طبة أسفلها وتوجد بعض الفلاتر مزودة بدائرة كهربية بها حساس لمستوى الماء بحيث يعطى اشارة عندما تكون هناك حاجة إلى تفريغ الماء أو قد تستخدم عوامة صغيرة ترتفع وتقوم بإغلاق مخرج الوقود، مشيراً بذلك لضرورة تصفية الماء.

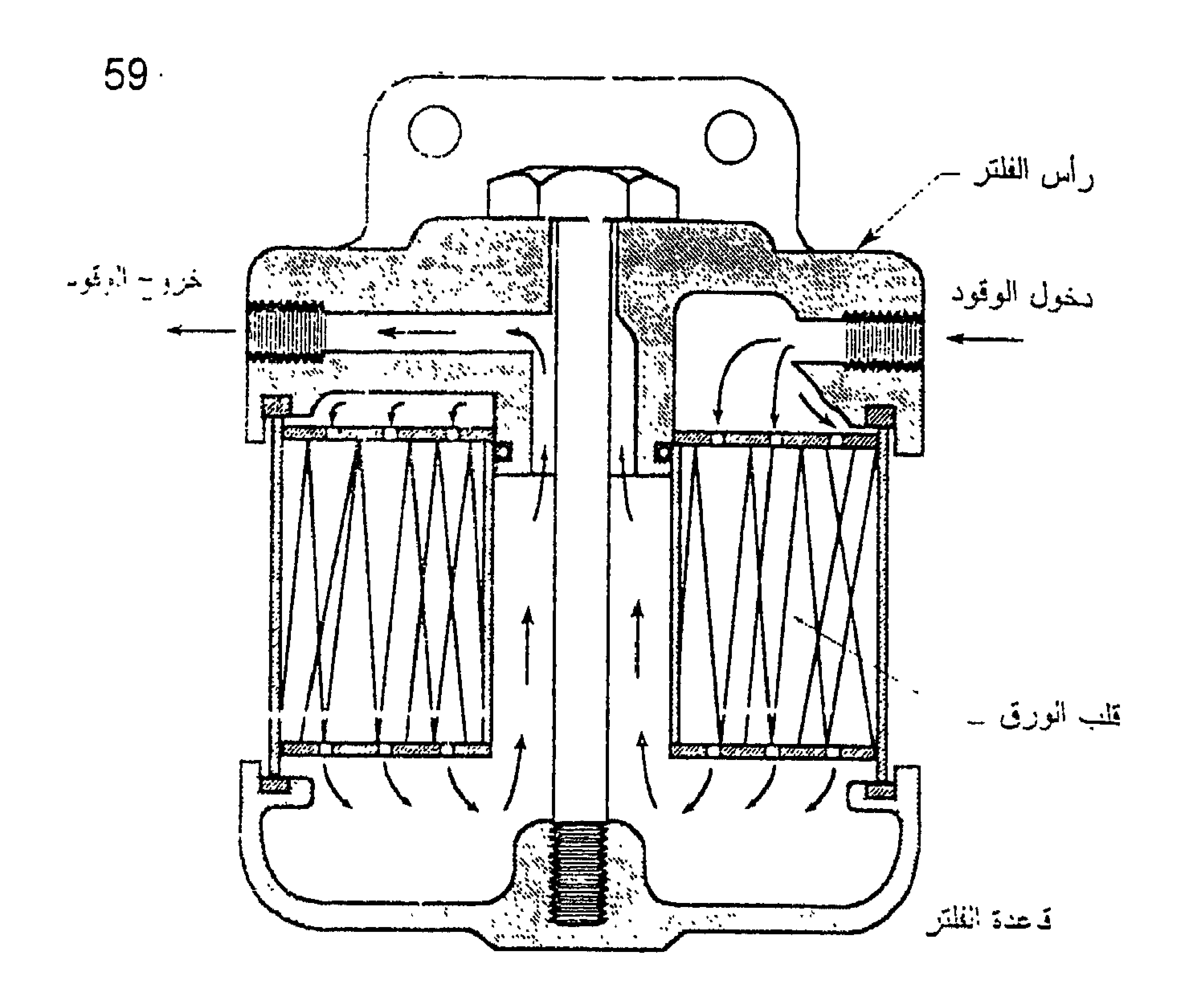
فلاتر وقود الديزل Diesel Fuel Filters

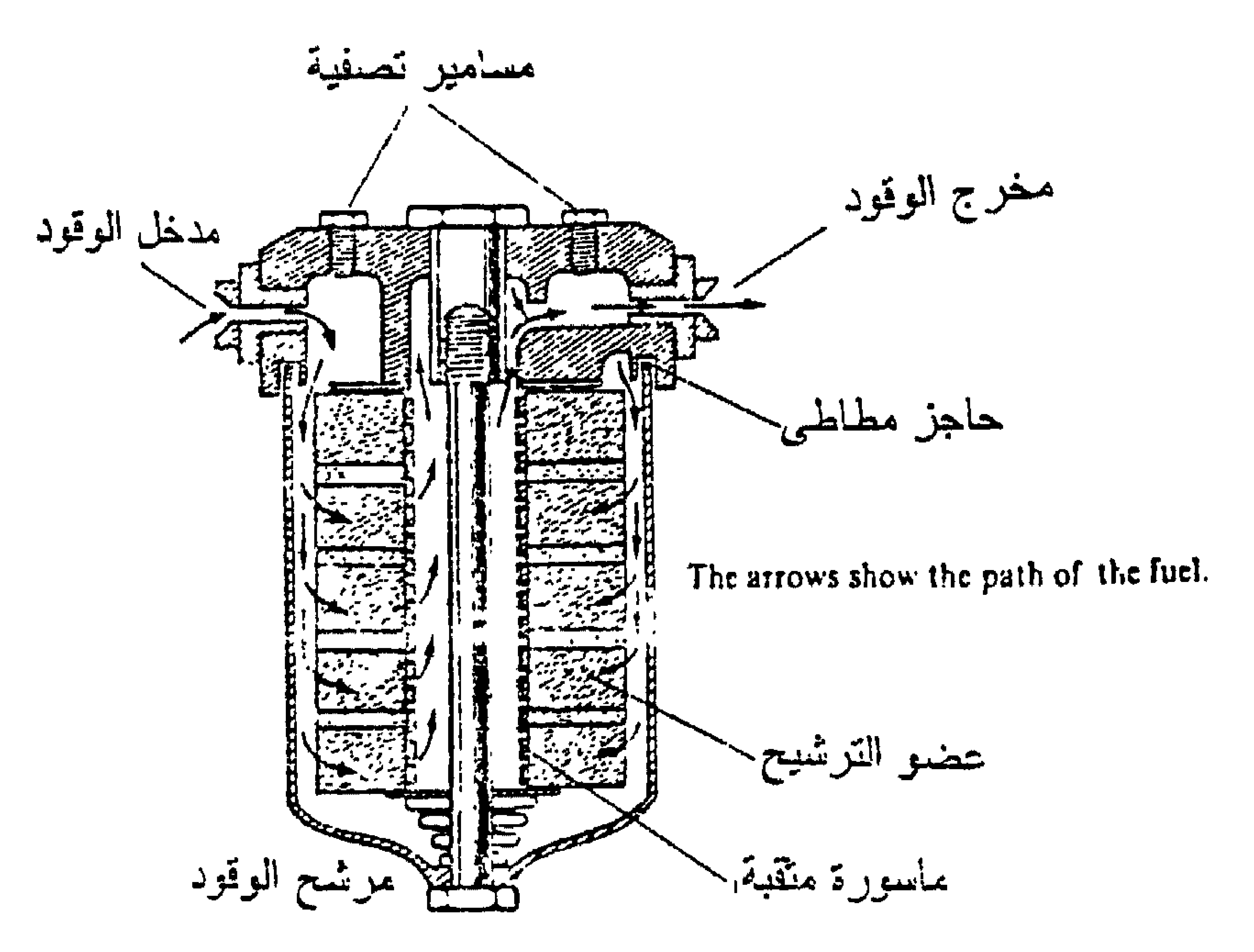
كما أوضحنا سابقاً أنه ضروري إضافة فلتر أو أكثر لنظام الوقود ، وبشكل عام يكون الفلتر من النوع Agglomerate fuel filter ويتكون من ثلاثة أجزاء هي رأس الفلتر Filter head وقلب الفلتر Element وقاعدة الفلتر base مجمعة مع بعضها بمسمار قلاووظ مركزي كما يوضح شكل (2-9) وقلب الفلتر "عنصر الترشيح" عبارة عن نوع معامل من الورق الخاص بشكل على شكل زجزاج داخل علبة من الصلب أو يستخدم الحرير الخام أو خيوط مختلفة من النسيج كعنصر ترشيح بدلاً من الورق

المعامل ويعمل عنصر الترشيح على حجز الشوائب الدقيقة ذات الأقطار الصغيرة أي أنه يسمح فقط للوقود النقي بالمرور خلاله، وتتجمع هذه الشوائب على قلب الفلتر حيث تتسبب في عرقلة تدفق الوقود إذا زادت عن الحد . وتتم فيه التنقية بدفع الوقود إلى وعاء الفلتر عن طريق ماسورة التغذية ثم يتغلغل في عنصر الترشيح وتتوقف جودة الترشيح على عدد الطبقات مساحة سطح المرشح وسمكه حيث يمكن ضبط كل هذه العوامل أثناء عملية التصنيع وبما يلائم الاستخدام المطلوب.



شكل (2-8): مصيدة المياه والرواسب Sedimenter



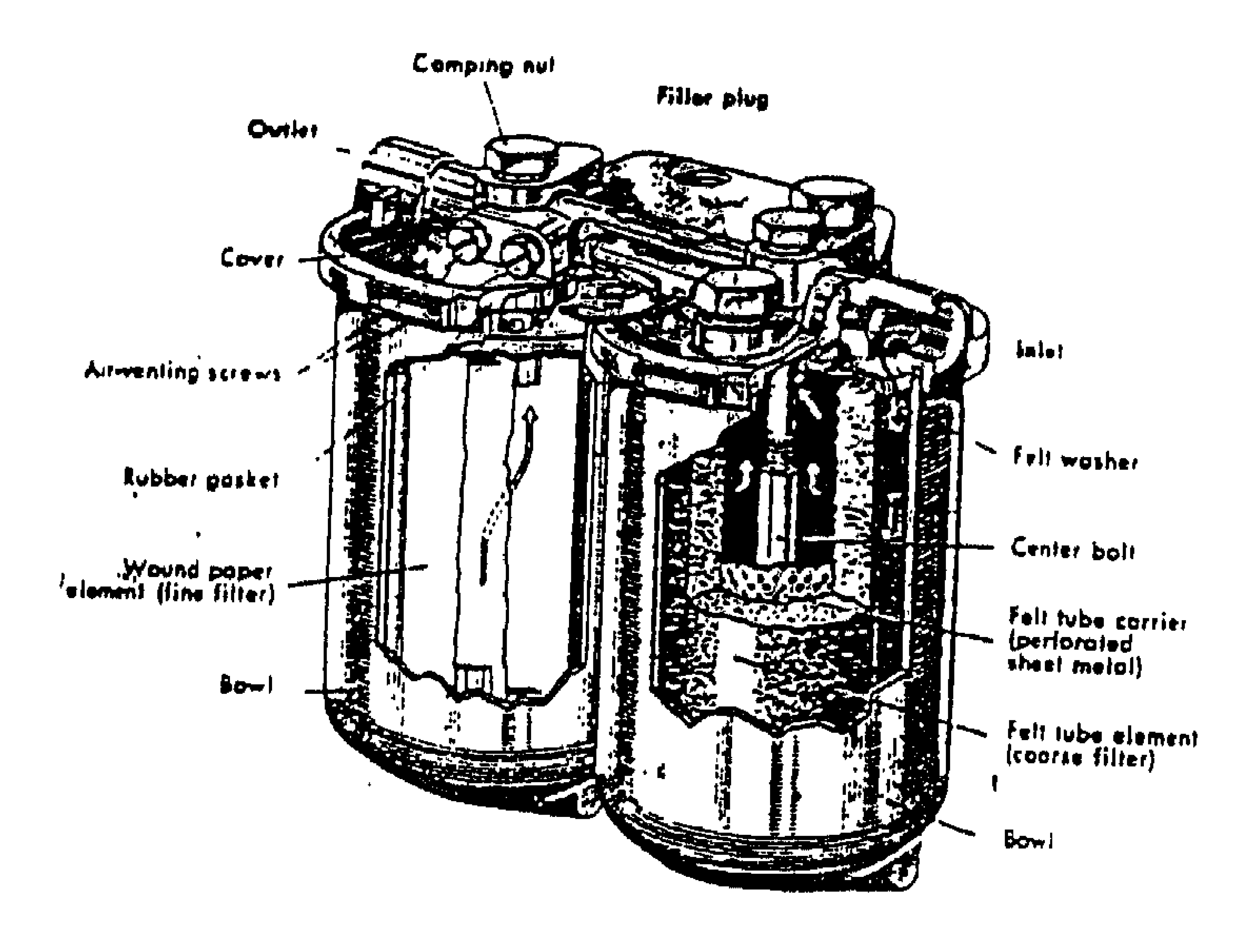


Fuel filter for a diesel fuel system.

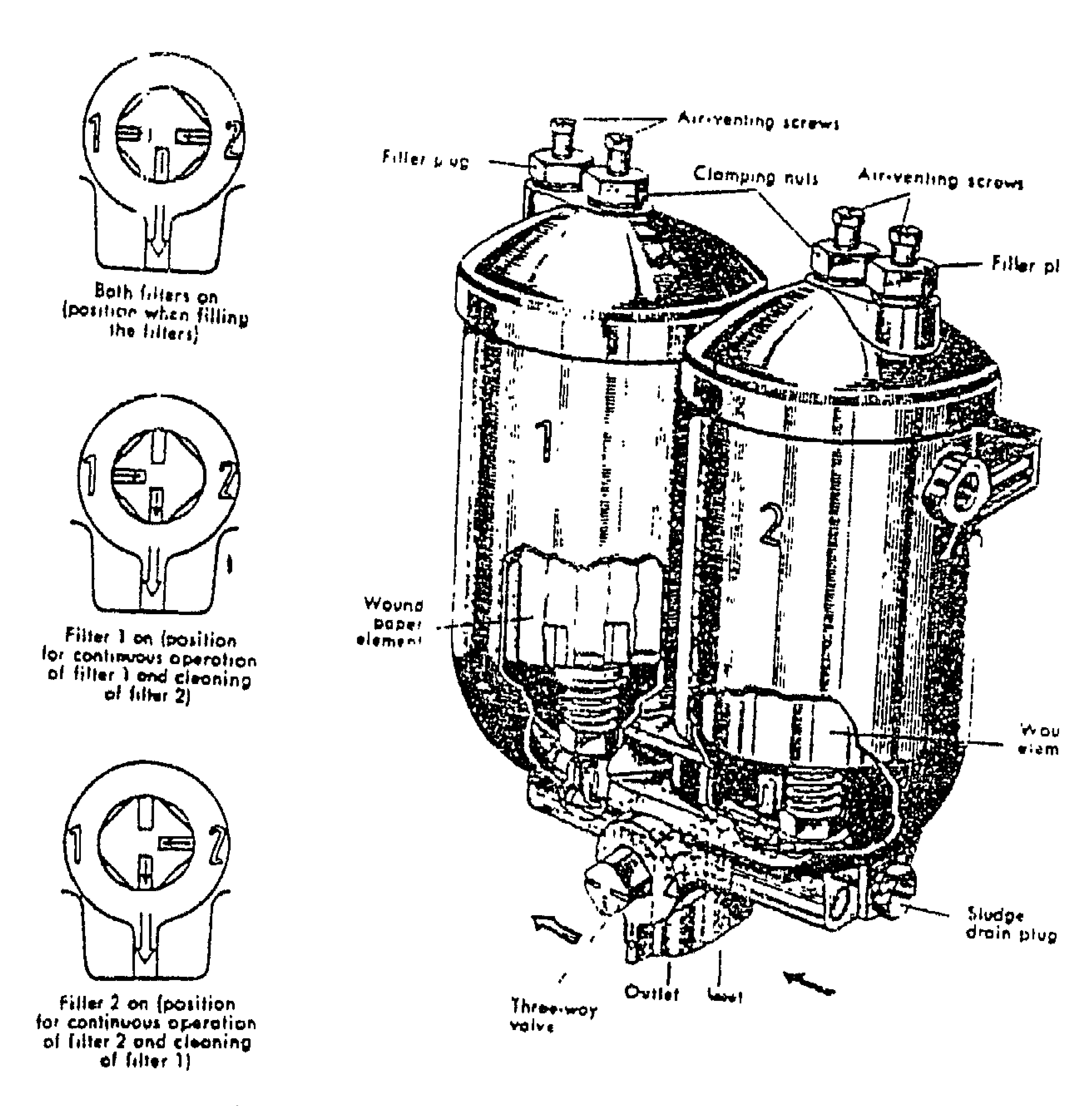
شكل (2-9): نماذج من فلاتر وقود الديزل

وقد يستخدم فلترين على قاعدة واحدة ويعرف في هذه الحالة بالفلتر المزدوج Dual fuel filter (شكل 2-10). ويستخدم هذا النوع فى حالة المعدات التي تعمل بمناطق رملية أو ترابية، ويمكن أن يكون مرور الوقود كله فى الفلتر الأول ثم يمر فى الفلتر الثاني (توصيل على التوالى series) أو قد يترتب بحيث يمكن للوقود أن ينقسم إلى جزأين — جزء يمر على الفلتر الأول وجزء آخر يمر على الفلتر الثاني (توصيل على التوازي Parallel).

فى حالة التوصيل على التوالى يعرف الفلتر الأول بالفلتر الابتدائي Primary Filter ، وأحيانا يعرف بالفلتر الخشن حيث يقوم بإزالة الأتربة والشوائب الخشنة وبالتالي يحدث تنقية ابتدائية للوقود. وبحجز هذا الفلتر الشوائب التي يتراوح قطرها بين 20 إلى 30 ميكرون. و يعرف الثاني بالفلتر الثانوي Secondary Filter ، أحيانا يعرف بالفلتر الناعم ويعتبر الفلتر الرئيسي فى خط الوقود ويقوم بالتنقية النهائية للوقود قبل دخوله إلى مضخة الحقن وهو مصمم لاحتجاز أدق الجسيمات الغريبة من الوقود. ويحجز هذا الفلتر الشوائب بقطر يتراوح بين 1 إلى 5 ميكرون ويعيب التوصيل على التوالى عدم توصيل الوقود فى حالة حدوث انسداد فى اى من الفلترين، ويتميز هذا النوع بان التنقية تكون أفضل.أما عندما يكون توصيل الفلاتر على التوازي Parallel فتتم التنقية بمرور جزء من الوقود فى الفلتر الأول والجزء الثاني فى الفلتر الثاني. ولا تتأثر الدورة بحدوث انسداد فى اى من الفلتر . ويوضح شكل (2-11) نموذج أخر من توصيل الفلاتر على التوازي parallel والتي تحتوى على فلترين يمكن تشغيلها معا. أو تشغيل الفلتر رقم 1 فقط، وأجزاء الصيانة فى الفلتر رقم 2، أو العكس - تشغيل الفلتر رقم 2 وأجزاء الصيانة فى رقم 1، وذلك بواسطة استخدام صمام ثلاث اتجاهات.



شكل (2-10):الفلتر المزدوج



شكل (2-11): توصيل الفلاتر على التوازي

جهاز حقن وقود الديزل Fuel Injection System

ويشمل جهاز حقن الوقود مضخة الحقن وأجهزة توزيع الوقود ورشاشات الحقن

لابد أن يفي جهاز حقن الوقود بالمتطلبات الآتية:

1- إدخال الوقود إلى غرفة الاحتراق خلال فترة محددة من الدورة.

2- معايرة كمية الوقود التي تحقن فى الدورة الواحدة بدقة عالية.

3- أن تكون كميات الوقود المعايرة وتوقيت الحقن متغيرة بحيث تستطيع مواجهة متغيرات الحمل والسرعة.

4- تذرية الوقود بصورة جيدة

5- إن تساعد طريقة رش الوقود داخل غرفة الاحتراق على الإسراع فى خلط الوقود مع الهواء

6- إن بداية ونهاية عملية الحقن حادة بمعنى أنه لا يسمح بنزول قطرات وقود بعد الحقن.

7- انتظام توزيع الوقود إلى الاسطوانات المختلفة فى المحركات المتعددة الاسطوانات.

وظائف جهاز حقن الوقود الديزل Objectives of the fuel Injection System

ويقوم جهاز حقن الوقود بالوظائف الآتية:

أ-المعايرة أو القياس

وهذا يعنى أن كمية الوقود التي تحقن يجب أن تكون الكميه التي ضبط عليها جهاز الحقن بالضبط. كما أن كمية الوقود التي تحقن فى كل اسطوانة متساوي ما يحقن فى اسطوانة أخرى وذلك لكل شوط قدره..وبهذا فقط يمكن أن يدور المحرك بسرعة منتظمة وتكون قدرته الناتجة من جميع اسطوانات المحرك متساوية مما يؤدى إلى نعومة الأداء واستقرار المحرك.

ب- التوقيت Injection Timing

ويقصد به بدء حقن الوقود في اللحظة المطلوبة من الدورة الحرارية حتى يمكن الحصول على أقصى قوة من خليط الوقود والهواء وبذلك يتحقق الاقتصاد فى

الوقود والاحتراق النظيف. فإذا حقن الوقود مبكر عن ميعاده فربما تأخر إشعاله لأن درجة حرارة هواء الاسطوانة تكون غير مرتفعه فى هذه اللحظة ارتفاعا كافيا وعند ذلك يتجمع الوقود غير المشتعل داخل الاسطوانة حتى إذا ما اشتعل أزداد الضغط بشده ويتسبب عن ذلك حدوث ضوضاء.

ومن جهة أخرى إذا حقن الوقود متأخرا فسوف لا يحترق الوقود جميعه الا بعد ابتعاد المكبس كثيرا عن النقطة الميتة العليا .T.D.C وهذا يعمل على خفض مقدار انتشار الغازان المحترقة، وفى الحالات التي يتأخر فيها حقن الوقود كثيرا، وربما يظل بعض الوقود يحترق حتى يفتح صمام العادم وتكون نتيجة تأخر ميعاد الحقن أنه لا يمكن الحصول على أقصى قدرة من المحرك ويكون استهلاك الوقود كبيرا والعادم أسود وحرارته أعلى من المعدل.

جـ-معدل الحقن Injection rate

أن معدل حقن الوقود مهم جدا لنفس الأسباب التي ذكرت فى أهمية ضبط التوقيت فإذا كان ميعاد بدء الحقن مضبوطا ومعدل الحقن سريعا فتكون النتيجة مشابهه تماما لحالة الحقن المبكر ولو كان معدل الحقن بطيئا فتكون النتيجة مشابهه تماما لحالة الحقن المتأخر.

د-تجزئة (التذرية) الوقود Atomization of Fuel

يجب تجزئة الوقود بحيث يناسب نوع غرفة الاحتراق المستعملة، فبعض غرف الاحتراق يلزم معها تجزئه تامة وبعضها الآخر يمكن إن يعمل مع وقود غير مجزى تجزئة تامة والتجزئة التامة للوقود تعجل من عملية الاحتراق بسبب سرعة تبخر الوقود وتعرض مساحة أكبر من سطح جزيئاته إلى الأكسجين الذي يساعد على الاحتراق.

هـ- توزيع الوقود

يجب أن يكون توزيع الوقود فى غرفة الاحتراق تاما حتى يصل الوقود أو يتخلل جميع أنحاء غرفة الاحتراق حيث يوجد الأكسجين اللازم للاحتراق، و إذا

لم يكن توزيع الوقود لما أمكن الانتفاع بجميع كمية الأكسجين الموجودة بغرف الاحتراق وترتب على ذلك انخفاض فى قدرة المحرك.

و- نفاذية الوقود Fuel Penetration

لكي تصبح عملية حقن الوقود فعالة يجب أن يرتفع ضغط الوقود المحقون عن قيمة الضغط داخل الأسطوانة فى نهاية شوط الإنضغاط حيث يعمل الضغط العالي على النفاذ داخل غرفة الاحتراق والاختلاط مع الهواء الساخن ذو الضغط المرتفع حيث يتم الاحتراق بكفاءة عالية.وتعرف عملية نفاذية الوقود fuel penetration بالمسافة التي يمكن أن تحركها جزئيان الوقود داخل غرفة الاحتراق تحت تأثير طاقة حركة الوقود الذاتية بدءاً من فوهة الرشاش.

ويجب الإشارة أن عملية التذرية ضد عملية النفاذية حيث يعمل التذرير العالي على صفر حجم جزئيان الوقود وبالتالي تقل النفاذية حيث تقل طاقة الحركة بصغر حجم الجزئيان، ولهذا السبب يجب تصميم نظام حقن الوقود ليعمل على التوازن بين هذين العاملين

نظم الحقن Injection System

يمكن تقسيم نظم الحقن إلى نوعين رئيسيين هما:

- الحقن بالهواء Air Injection
- والحقن الصلب Solid Injection

أولاً: الحقن بالهواء Air Injection

كان يستعمل الحقن بالهواء فى بدء ظهور محركات ديزل، والآن فى النادر استعماله إلا إذا استثنينا المحركات الكبيرة التي تستعمل الوقود الثقيل (ذات درجة اللزوجة المرتفعة) والذي يصعب تجزئته وتذريته فى غرفة الاحتراق بواسطة الحقن الجاف.

ويتم فيه معايرة ضخ الوقود إلى رشاش الوقود عن طريق مضخة وقود تدار بواسطة عمود الكامات. ويتم فتح رشاش الوقود عن طريق توصيلات ميكانيكية تتصل بعمود الكامات التي يسيطر أيضاً على توقيت الحقن، ويستعمل هواء مضغوط بضاغط هواء متصل بالمحرك، ويعمل هذا الهواء المضغوط على إدخال الوقود إلى الاسطوانة وتجزئة وإثارة الهواء بغرفة الاحتراق حتى يمتزج به الوقود.

من أهم مزايا نظام الحقن بالهواء

- **يحتاج المحرك إلى ضاغط هواء لتحضير هواء الحقن وهذا يستهلك جزءاً كبيراً من قدرة المحرك.**
- **انتشار هواء الحقن داخل الاسطوانة يعمل على تبريد الشحنة.**
- **معدات الحقن ثقيلة الوزن وضخمة ومرتفعة الثمن.**
- **تحتاج إلى توصيلات ميكانيكية منفصلة بغرض توقيت تشغيل صمام الوقود.**
- **احتراق الوقود فى غرفة الاحتراق يتم فى نقطة قريبة جداً من رشاش الحقن مما يؤدى فى كثير من الأوقات إلى زيادة سخونة الصمامات ثم تلفها.**

وهذه العيوب أدت إلى ترك استخدام هذا النوع منتظم الحقن خصوصاً أن هذه الطريقة لا تصلح للمحركات السريعة ذات الاسطوانة صغيرة القطر.

ثانياً: الحقن الصلب (الجاف)

تعرف عملية حقن الوقود بصوره مباشره إلى غرفة الاحتراق بدون وجود تذريه مسبقة للوقود بالحقن الصلب Solid Injection أو الجاف أو الحقن الميكانيكي بدون وجود هواء. وبدأ استخدام الحقن الصلب عام 1916 فى وقت كانت فكرة الحقن باستخدام الهواء المضغوط منتشرة. وجهاز الحقن لابد وأن يعطى أحسن تذرير للوقود فضلا عن جودة انتشاره بين الهواء الموجود فى غرفة الاحتراق لضمان أعلى كفاءة لعملية الاحتراق Efficiency Combustion ولابد أن يحتوى نظام الحقن الصلب على وحدة الضغط (المضخة) ووحدة التذرية (الرشاش).

ويوضح شكل (2-12) نظم حقن الوقود الجاف فى محركات الديزل أحدهما يسمى الحقن المباشر Direct Injection حيث يقذف الحاقن "الرشاش بالوقود مباشرة فى غرف الاحتراق الرئيسية Main combustion chamber فوق رأس "تاج" المكبس حيث يختلط بالهواء المضغوط فى دوامات ويبدأ الإشعال على الفور. ويتطلب هذا النوع من الحقن مضخات وقود ذات ضغط مرتفع ولذلك نظراً لارتفاع الضغط داخل غرفة الاحتراق بشكل كبير. ويسمى الثاني الحقن الغير مباشر Indirect injection حيث يتم حقن الوقود فى غرفة احتراق ابتدائية Primary combustion chamber وهذه الغرفة تكون مصممة بحيث يدخل الوقود إليها محدثاً دوامات ومختلطاً بالهواء بصورة جيدة ويبدأ فيها الاشتعال ثم يمتد إلى غرفة الاحتراق الرئيسية Main combustion chamber التي تكون بين رأس الاسطوانات وتجويفات فى رأس المكبس ويتميز هذا النوع بانخفاض متوسط الضغط الناتج عن الاحتراق إلا أنها تستهلك وقود أكثر، كما أنها تحتاج إلى تسخين بواسطة شمعات تسخين Glow plugs عند بدء التشغيل على البارد.

طرق رئيسيه للحقن بالوقود كما يوضح شكل (2-13).

1- مضخة مستقلة ورشاش لكل اسطوانة.

Individual Pump and nozzle for each cylinder

2- مضخة و رشاش معا لكل اسطوانة.

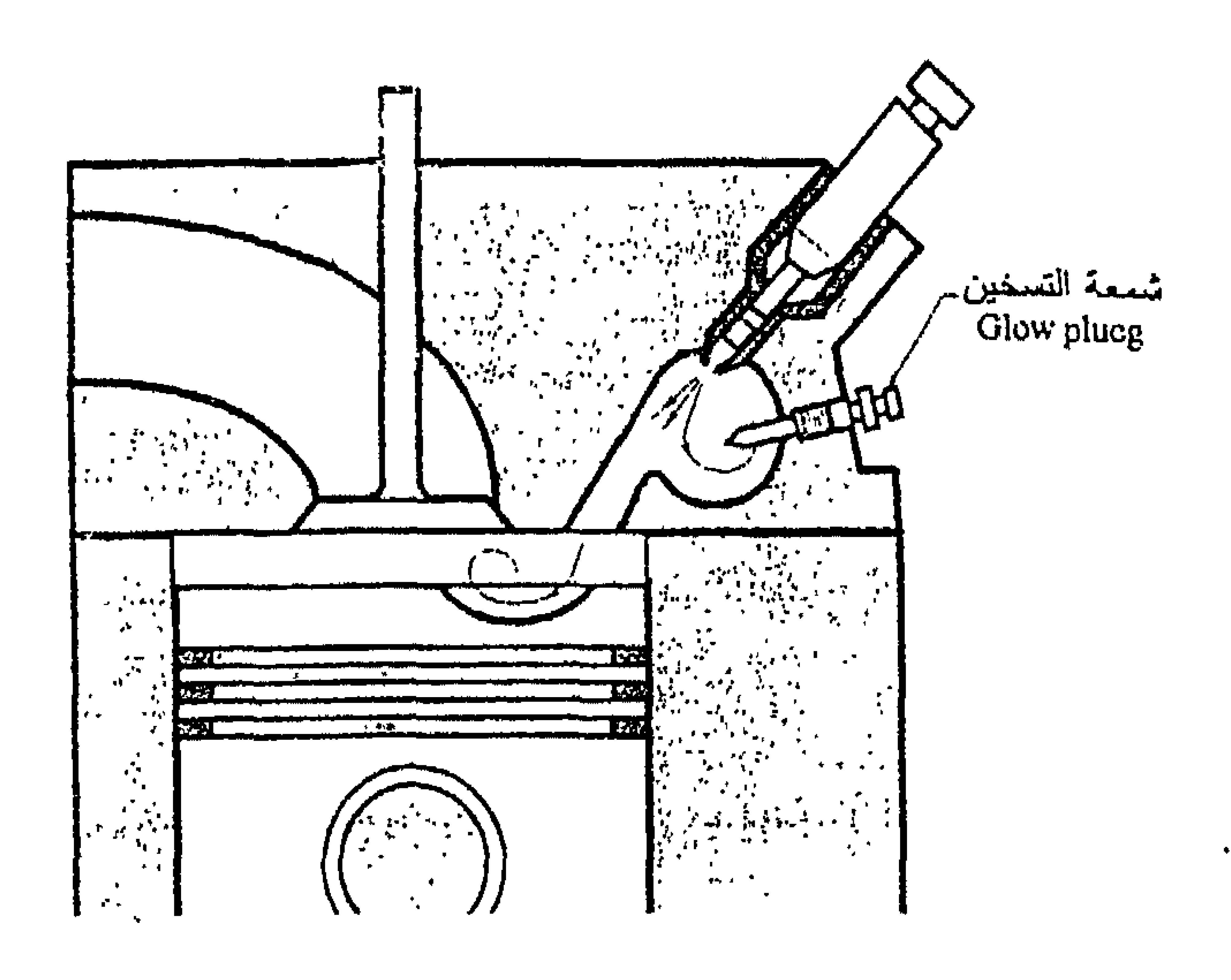
Combined pump and nozzle for each cylinder

3- المضخات كلها فى كتله واحده و رشاش لكل اسطوانة.

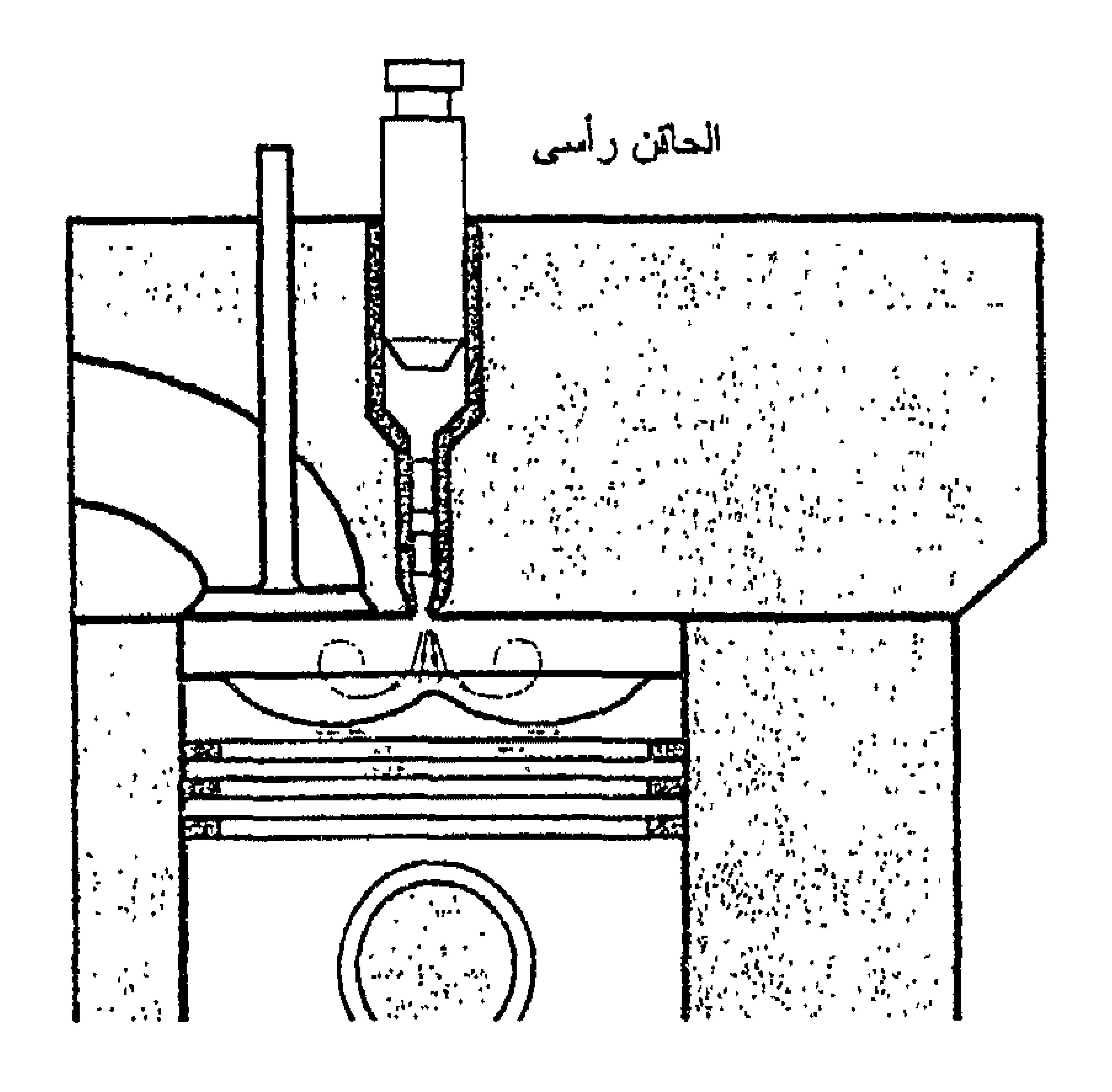
Pump in common housing nozzle for each cylinder (in-line pump)

4- مضخة واحده تخدم كل الرشاش لكل الاسطوانات.

Distributor type

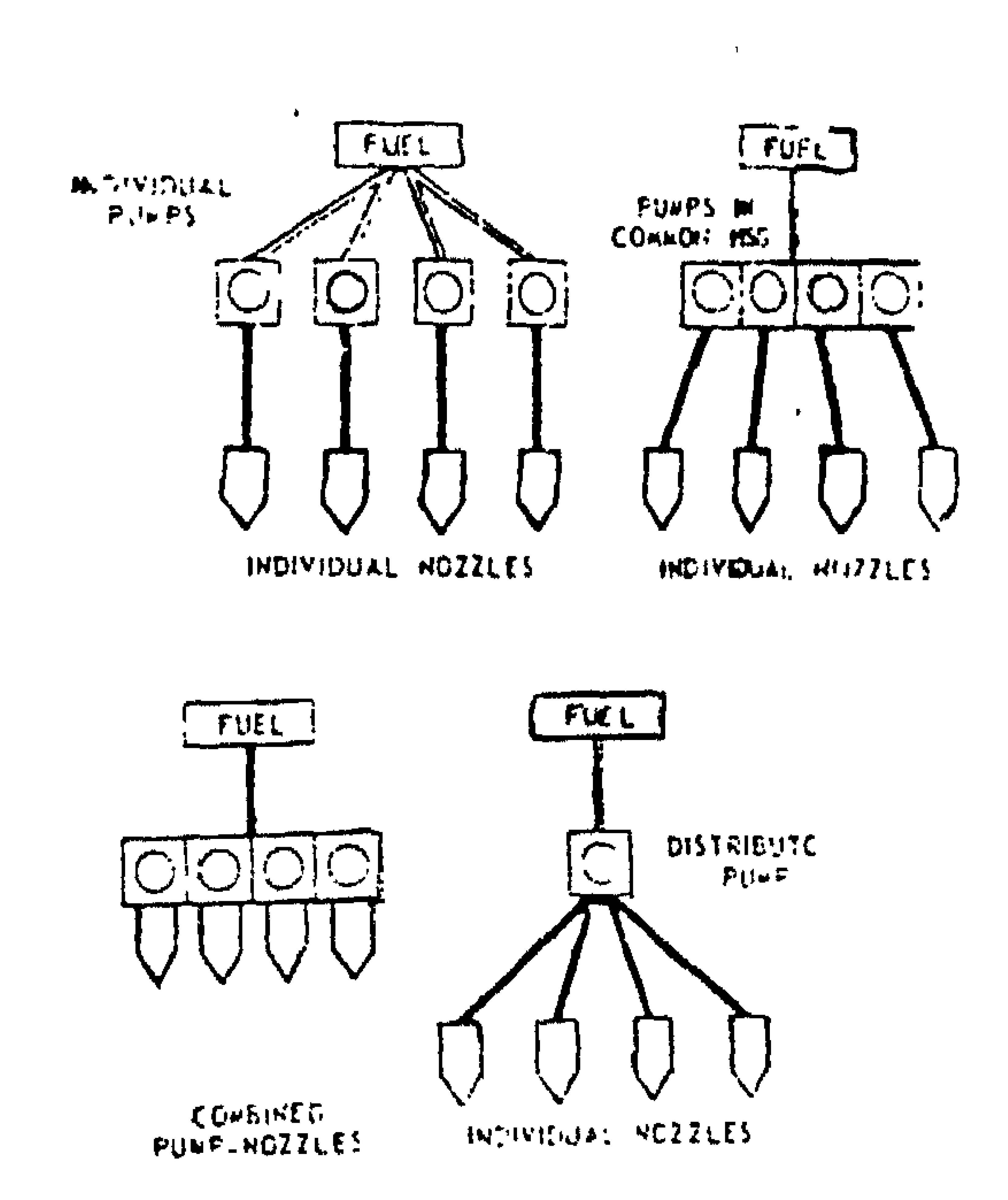


A- الحقن الغير مباشر



B- الحقن المباشر

شكل (2-12): طرق حقن الوقود



شكل (2-13): نظم تركيب وحدة حقن الوقود ولمحرك أربع أسطوانات

مضخة حقن الوقود Fuel Injection pump

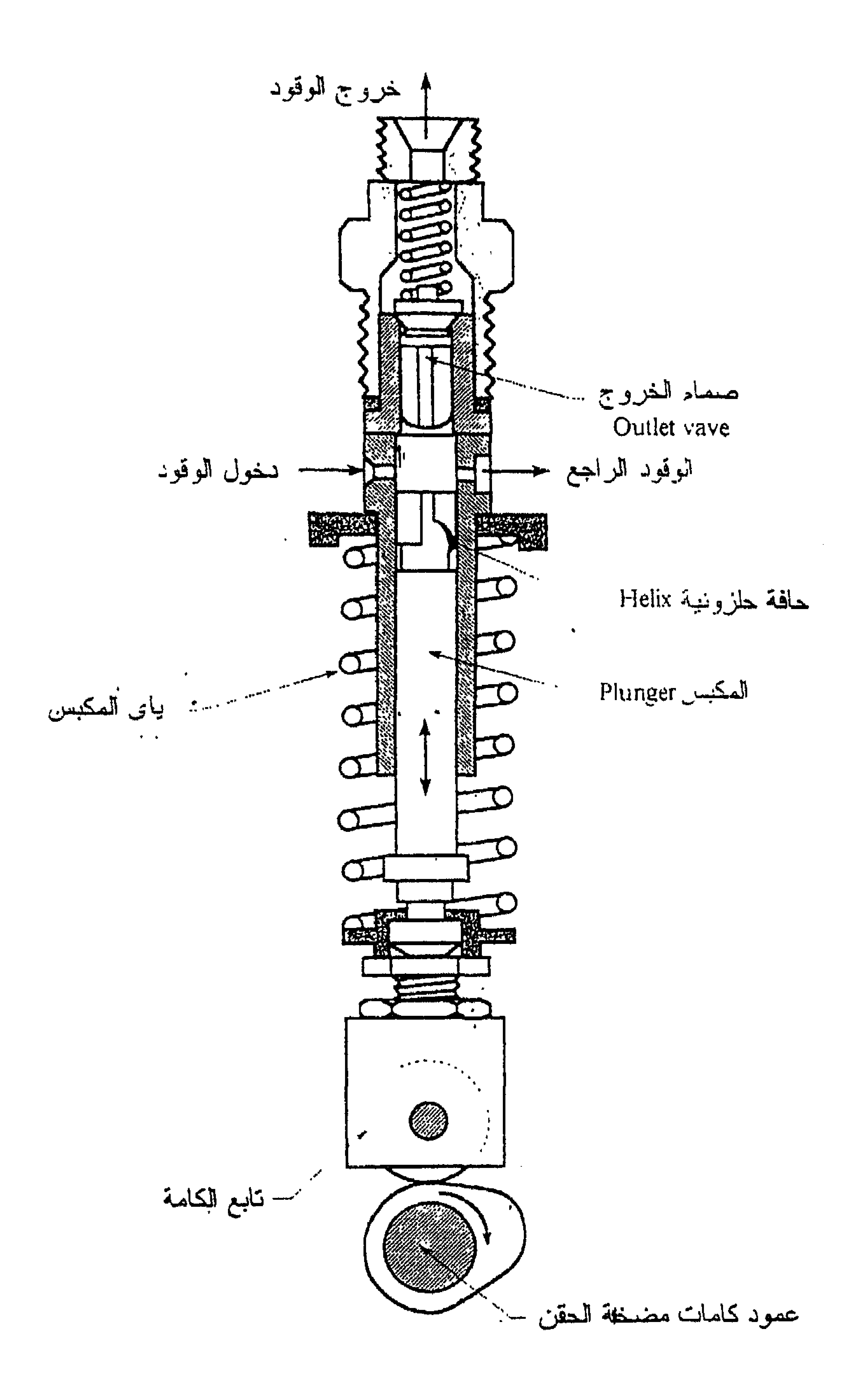
تكون مضخة حقن الوقود مثبتة على جانب المحرك وتدار بنفس سرعة عمود الكامات ووظيفتها إمداد كل رشاش بكمية محددة من الوقود عند ضغط مرتفع ومحدد فى التوقيت الصحيح وفترة زمنية محددة، ويتم توزيع الوقود على الحواقن بترتيب الإشعال.

مضخات الحقن ذات فتحات التحكم تستعمل بكثرة وتعرف باسم مضخات "بوش Bosch Pump " أو تعرف بـ Com operated In line fuel Injection pump

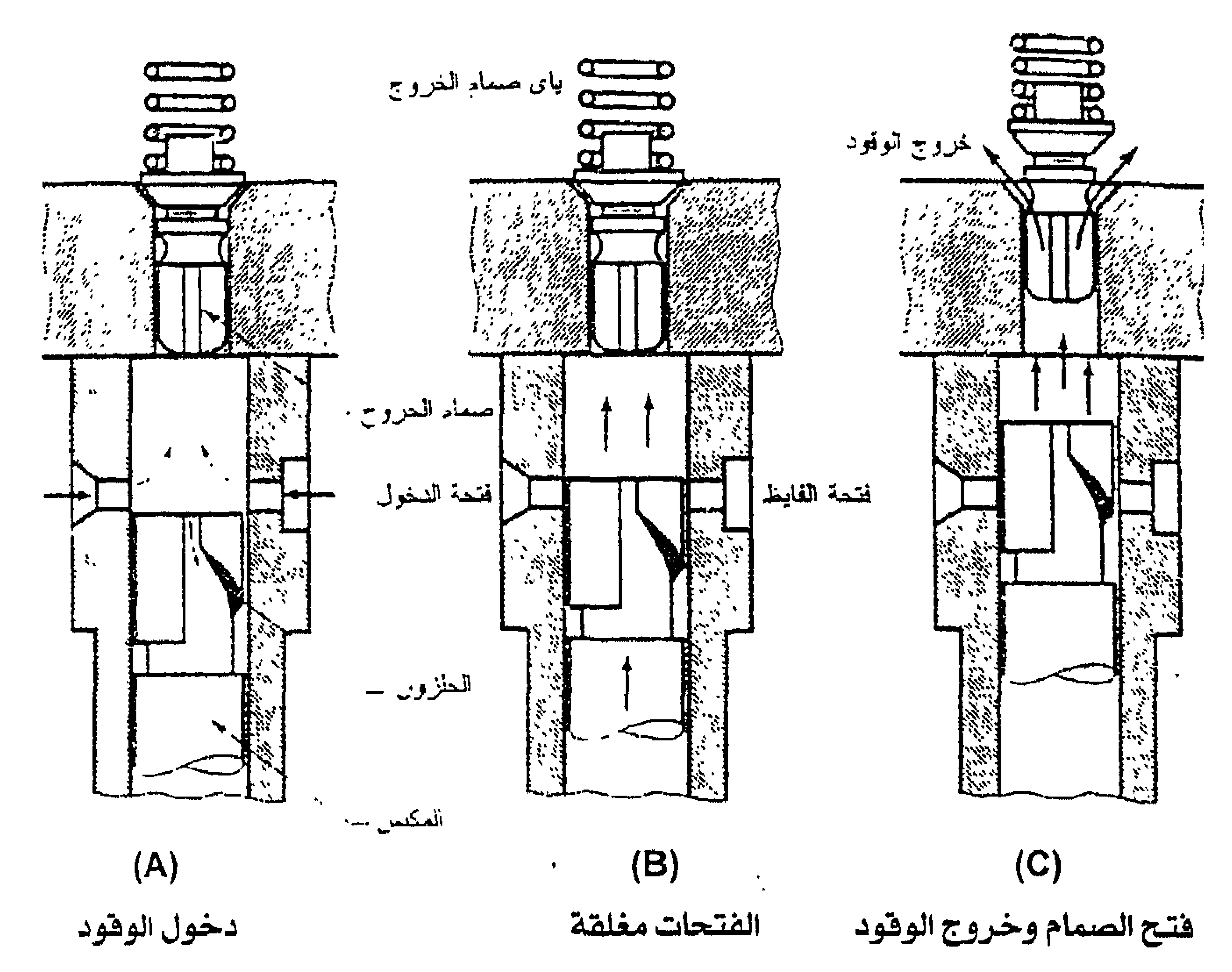
وتتركب مضخة الحقن كما يوضح شكل (2-14)من اسطوانة المضخة (Barrel) التي يتحرك داخلها كباس (Plunger) حركة ترددية بتأثير كآمه موضوعة أسفل المضخة ويعود ثانية إلى أسفل بتأثير ياي .Spring ويوجد فى جدار الاسطوانة فتحتين متقابلتين أحداهما لدخول الوقود Feed port والأخرى لاستقبال الوقود الراجع Spill port والجزء العلوي من الكباس به حافة على شكل حلزوني Helix ويتحرك هذا الجزء أمام فتحتين الاسطوانة. وتوجد جلبة تحيط باسطوانة المضخة تحمل فى أعلاها ترسا صغيرا معشقا فى جريده مسننه Rack and gear بالمنظم كما يوجد ذراع مستعرض مثبت بالكباس ويوافق مجرى مشكلة بالجزء الأسفل من الجلبة.

عندما يكون المكبس Plunger فى أسفل نقطة (شكل 2- 15 A)، يتدفق الوقود من فتحتي الدخول Inlet port والراجع Spill port، حيث أنهما موصلين بنفس المصدر، ويملأ الفراغ فوق الجزء الحلزوني Helix وأسفله. بصعود المكبس يغلق الفتحتين (شكل 2-15 B) لفترة زمنية محدودة حسب وضع الحلزوني. باستمرار الصعود يرتفع ضغط كمية الوقود فى الداخل إلى أن يتغلب على قوة ياي صمام الخروج Delivery valve ويفتحه (شكل 2-15 C) بفتح هذا الصمام تتدفق كمية من الوقود إلى خط الوقود المملوء فعلاً فيرتفع الضغط به مما ينتج عنه حقن كمية مساوية من الوقود المزاح إلى غرفة الاحتراق.

باستمرار صعود المكبس تصل الحافة الحلزونية إلى فتحة الراجع فيتدفق الوقود منها إلى الخارج وينخفض الضغط داخل الاسطوانة ويعود صمام الخروج إلى مقعده. بعد وصول المكبس إلى أعلى نقطة يبدأ فى التحرك إلى أسفل حيث يغلق الفتحتين فينخفض الضغط فوقه قليلاً. مع استمرار تحرك المكبس إلى أسفل تفتح الفتحتين مرة أخرى ويبدأ تدفق الوقود منهما إلى الداخل وتبدأ الدورة من جديد.



شكل (2-14): مضخة حقن الوقود

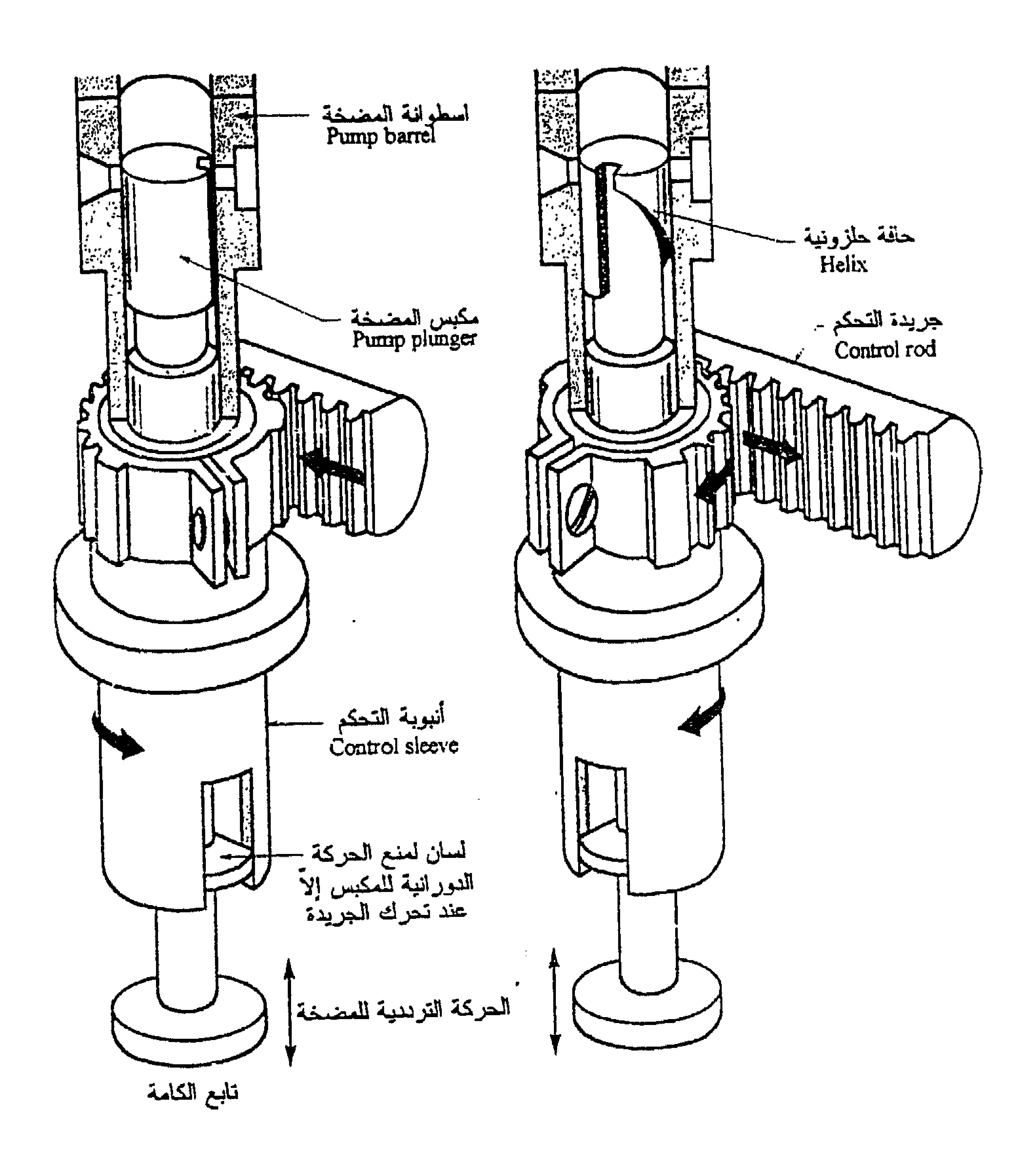


دخول الوقود — الفتحات مغلقة — فتح الصمام وخروج الوقود

شكل (2-15): نظرية عمل مضخة الحقن

التحكم فى كمية الوقود

مما سبق يتضح أن كمية الوقود المحقون المناسب تتناسب مع طول الجزء فوق الحافة الحلزونية من المكبس والمقابل لفتحة الراجع Spill port. يتغير هذا الجزء بتغير وضع (زاوية) الحلزوني بالنسبة للفتحة. ويوضح شكل (2-16) كيفية التحكم فى كمية الوقود. الجزء العلوي من الاسطوانة (الذي يحتوى على الفتحات) مثبت بجدار المضخة ولا يمكن تغيير وضعه. أما الجزء السفلى ويسمى أنبوبة التحكم Control sleeve فيمكن لفه بواسطة حركة جديدة مسننة control rod معشقة مع ترس مثبت فى هذا الجزء كما هو موضح فى الشكل حيث يوجد شق فى أسفل أنبوبة التحكم يخرج منه لسان يعتبر جزء من الكباس. هذا اللسان يتيح للمكبس حرية الحركة الرأسية، كما أنه يغير زاويته إذا تحركت الجريدة يميناً أو يساراً.

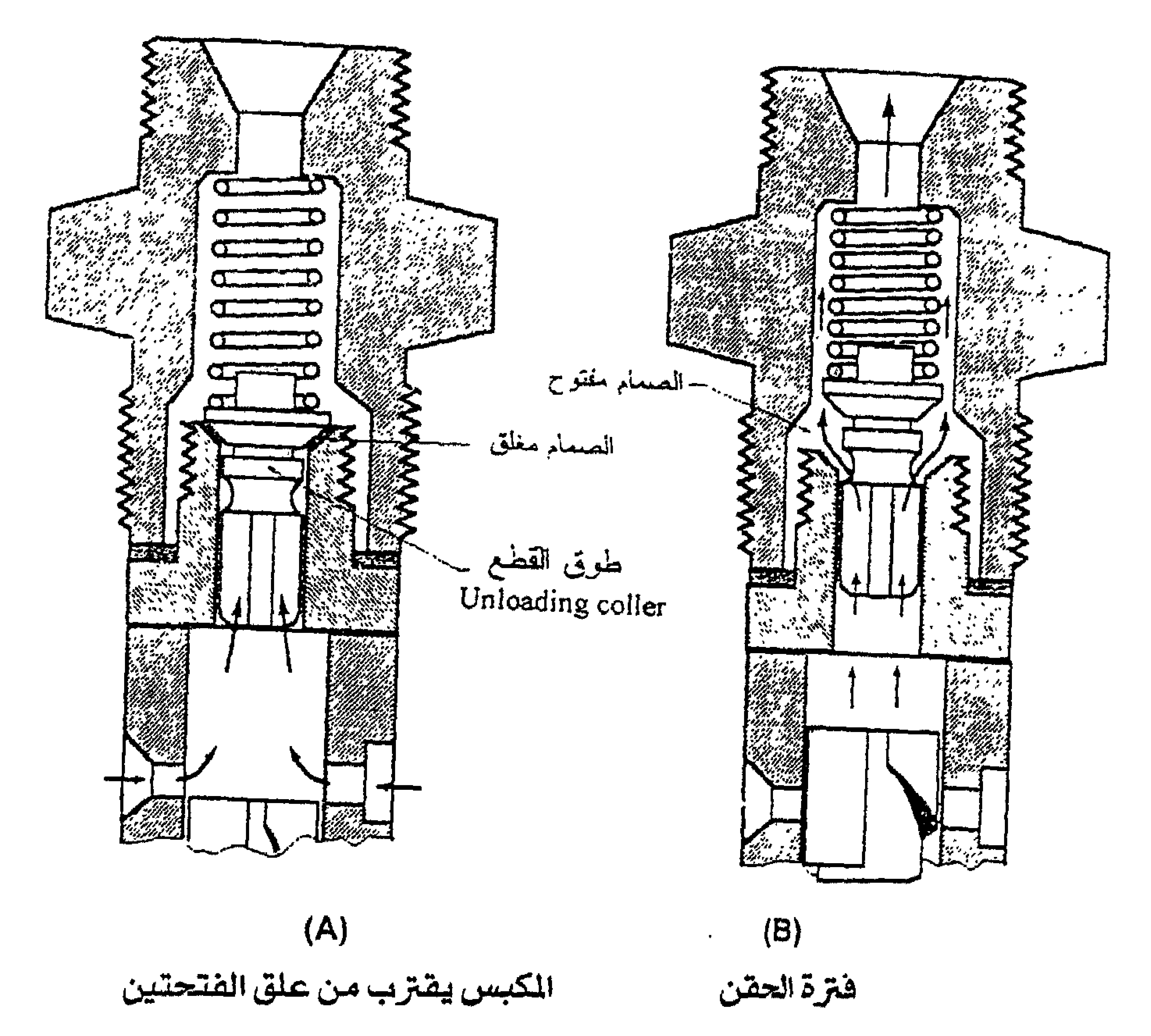


شكل(2-16): التحكم فى كمية الوقود المحقون من مضخة حقن الوقود بواسطة جريدة التحكم

عند ضغط السائق على دواسة الوقود ويؤدى ذلك تحرك إلى اليمين حركة أفقية جريدة التحكم Control rod تبعاً لذلك وبسبب الأسنان المثبتة على أنبوبة التحكم، تتحرك هذه الأنبوبة ومعها الكباس حركة دائرية مكافئة مع عقارب الساعة. فيزداد طول الجزء الذي يقفل فتحة الراجع وكذلك الحجم المزاح (المحقون) من الوقود.

يتم تصميم صمام الخروج Outlet valve بطريقة خاصة كما يوضح شكل (17-2) حيث يوجد أسفل قاعدة صمام الخروج Outlet valve seat طوق قصير يسمى طوق القطع Unloading collar له نفس قطر الاسطوانة، كما أن الصمام يرتكز على قاعدته بقوة الياي لإحكام الغلق.

مع صعود المكبس (شكل 2-17 A) يرتفع الضغط بالتدريج إلى أن تزيد قوته أسفل الصمام عن ضغط الياي والوقود حوله. و تبدأ قاعدة الصمام فى الارتفاع ويفتح الصمام (شكل 2-17 B) ويتدفق الوقود عند هذا الضغط المرتفع فى خط تغذية الرشاش. يلاحظ أن فترة الحقن تبدأ عندما تترك الحافة السفلية للطوق جدار الاسطوانة. يستمر الحقن إلى أن تفتح حافة الحلزوني Helix فتحة الراجع Spill port. فى هذه اللحظة يبدأ ضغط الوقود فى الهبوط تدريجياً وكذلك يهبط صمام الخروج تحت تأثير قوة الياي. بهبوط الصمام يدخل طوق القطع إلى الاسطوانة (متحركاً إلى أسفل) مسبباً مزيد من الهبوط فى الضغط فوق الصمام وبالتالي انقطاع تدفق الوقود إلى الرشاش بسرعة كبيرة. وبهذا التصميم الخاص يتم إيقاف تدفق الوقود بصورة فجائية بعد فترة الحقن المحددة. والذي يؤدى حدوثه إلى مشكلة تسمى التنقيط Dribble، وهى أنه قد تتسرب بعض قطرات من الوقود بعد الحقن إلى غرفة الاحتراق نتيجة الهبوط البطئ للضغط بعد عملية الحقن فتسبب اضطراب فى تشغيل المحرك.



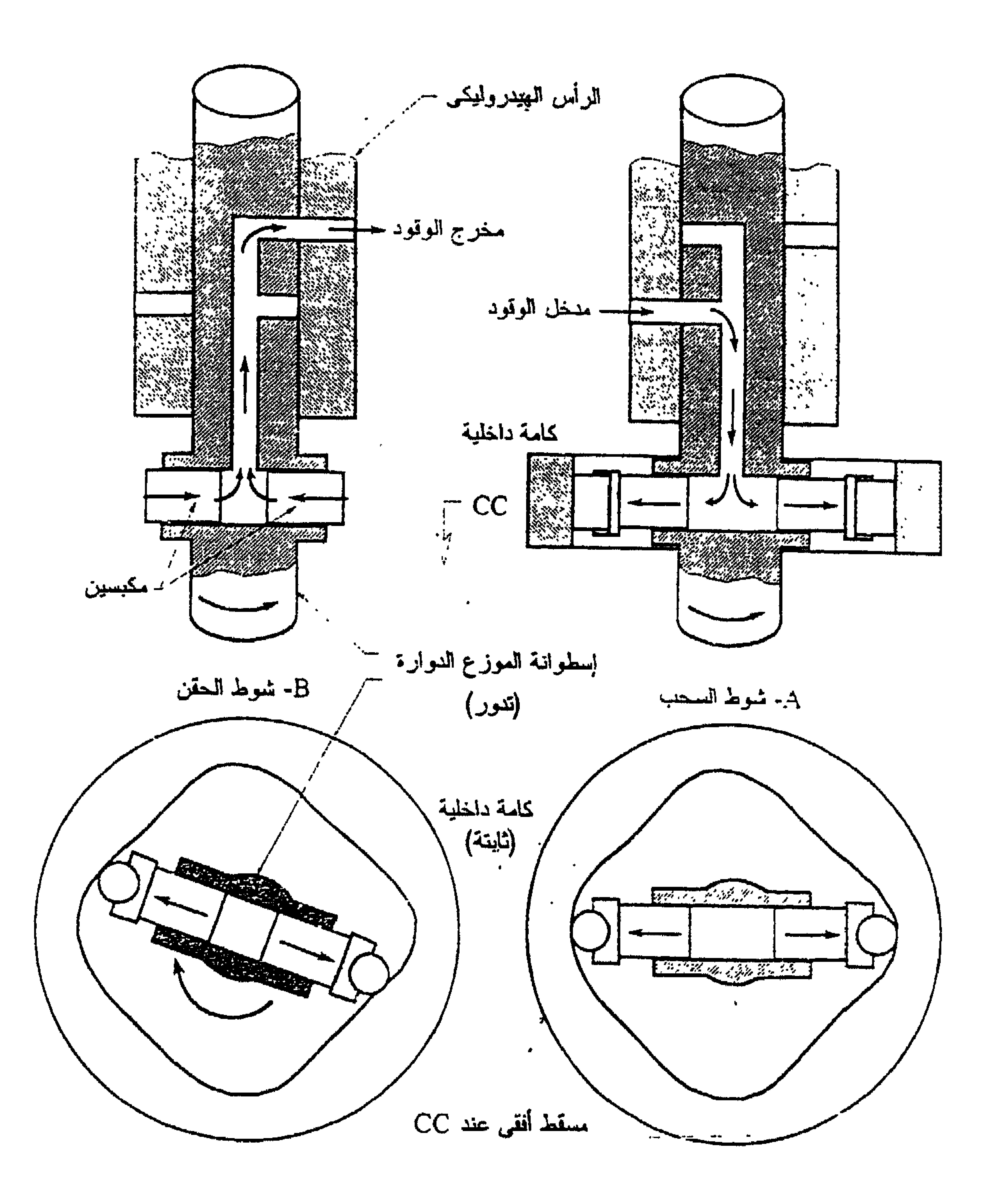
شكل(2-17): تصميم ونظرية عمل صمام الخروج Outlet valve operation

فى بعض المحركات الديزل يوجد نوع آخر من أنظمة الحقن يعرف بالمضخة الدوارة بموزع Rotary Distributor pump لا يوجد به مضخة متعددة من النوع السابق، بل يتكون من مضخة واحدة ويعتمد على وجود موزع وقود Fuel distributor يقوم بتوزيع الوقود على الرشاشات بقيم محددة وتوقيت محدد على حسب ترتيب الإشعال بعد رفع ضغطه بواسطة المضخة. يسمى هذا النوع مضخة وقود دوارة بموزع Rotary distributor type fuel pump ويتميز بصغر حجم المضخة وسهولة الضبط والصيانة ولهذا يستخدم الآن على نطاق واسع فى المحركات الديزل.

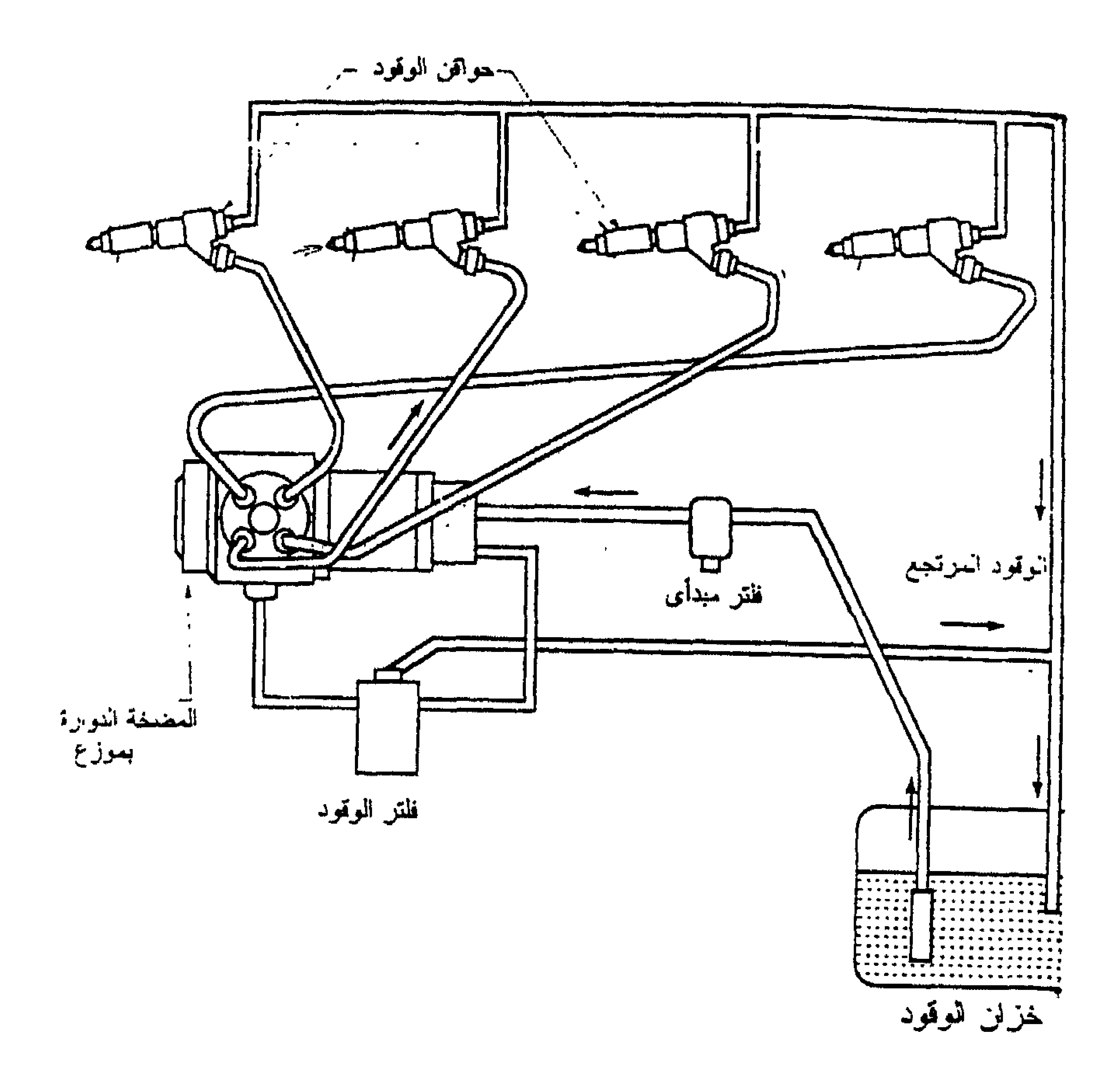
العضو الرئيسي فى المضخة هو اسطوانة دوارة تحتوى على ممران لدخول وحقن الوقود كما هو موضح فى شكل(2-18) يوجد فى هذه الاسطوانة مكبسان متقابلان يتحركان حركة ترددية عرضية بواسطة كامات داخلية يحيط سطحها الداخلي المتعرج بالاسطوانة الدوارة والمكبسين، عندما يتحرك المكبسان إلى الخارج بفعل ضغط الوقود القادم من مضخة التغذية التي تعتبر جزء من المضخة الدوارة ذات الموزع، يتم سحب الوقود من فتحة الدخول التي تكون فى هذا التوقيت متقابلة مع ممر دخول الوقود فى الاسطوانة الدوارة. يسمى هذا بشوط السحب (2-18 A)

وعند الحقن يتحرك المكبسان إلى الداخل بفعل الكامات الداخلية الموجودة خلفهما فيضغط الوقود ويتم حقنه خلال ممر خروج الوقود لإحدى اسطوانات المحرك كما هو موضح فى (2-18 B) عندما يكون المكبس فى هذه الاسطوانة قرب نهاية TDC فى شوط الانضغاط، تكون فتحة خروج الوقود الخاصة بهذه الاسطوانة متقابلة مع فتحة خروج الوقود من الاسطوانة الدوارة، توجد بالطبع ممران وقود لكل اسطوانات المحرك فى الرأس الهيدروليكي الثابت للمضخة، ولكن بغرض التوضيح تم رسم مجموعة ممران لإحدى الاسطوانات فقط فى شكل (2-18) يتحدد توقيت الحقن وكمية الوقود بواسطة منظم ميكانيكي Mechanical governor حسب سرعة المحرك التي يحددها وضع دواسة الوقود.

ويمكن التعرف على إذا كان هذا المحرك أو ذاك يحتوى على دورة وقود بمضخة متعددة تعمل بكامة Cam operated in – line Fuel Pump أو مضخة دوارة بموزع Rotary distributor fuel pump فى النوع الأول تجد أن أنابيب الوقود تخرج من المضخة بجانب بعضها فى صف واحد in – line كما هو موضح سابقاً. أما فى النوع الثاني يلاحظ أن أنابيب الوقود تخرج من المضخة على شكل دائرة كما هو موضح فى شكل (2-19) .



شكل(2-18): نظرية مضخة الوقود الدوارة بموزع Rotary distributor pump



شكل(2-19): المضخة الدوارة بموزع Rotary distribution pump

الحقن الألكترونى Electronic Fuel Injection

محركات الديزل الحديثة تحتوى على مضخات حقن الكترونية Electronic Fuel Injection Pump بموزع وقود Fuel distributor ويتم التحكم فى هذه المضخة بواسطة ميكرو معالج Microprocessor وفيه تكون مجسات Sensors لقياس درجة حرارة المحرك ودرجة حرارة العادم وسرعة المحرك وترسلها إلى المعالج حيث يحدد كميات الوقود المحقونة وتوقيت حقن طبقاً للحمل والسرعة وظروف التشغيل. ويهدف الحقن الألكترونى إلى تشغيل المحرك بأفضل كفاءة ممكنة عند مختلف ظروف التشغيل

حواقن الوقود "رشاشات الحقن" Fuel Injectors

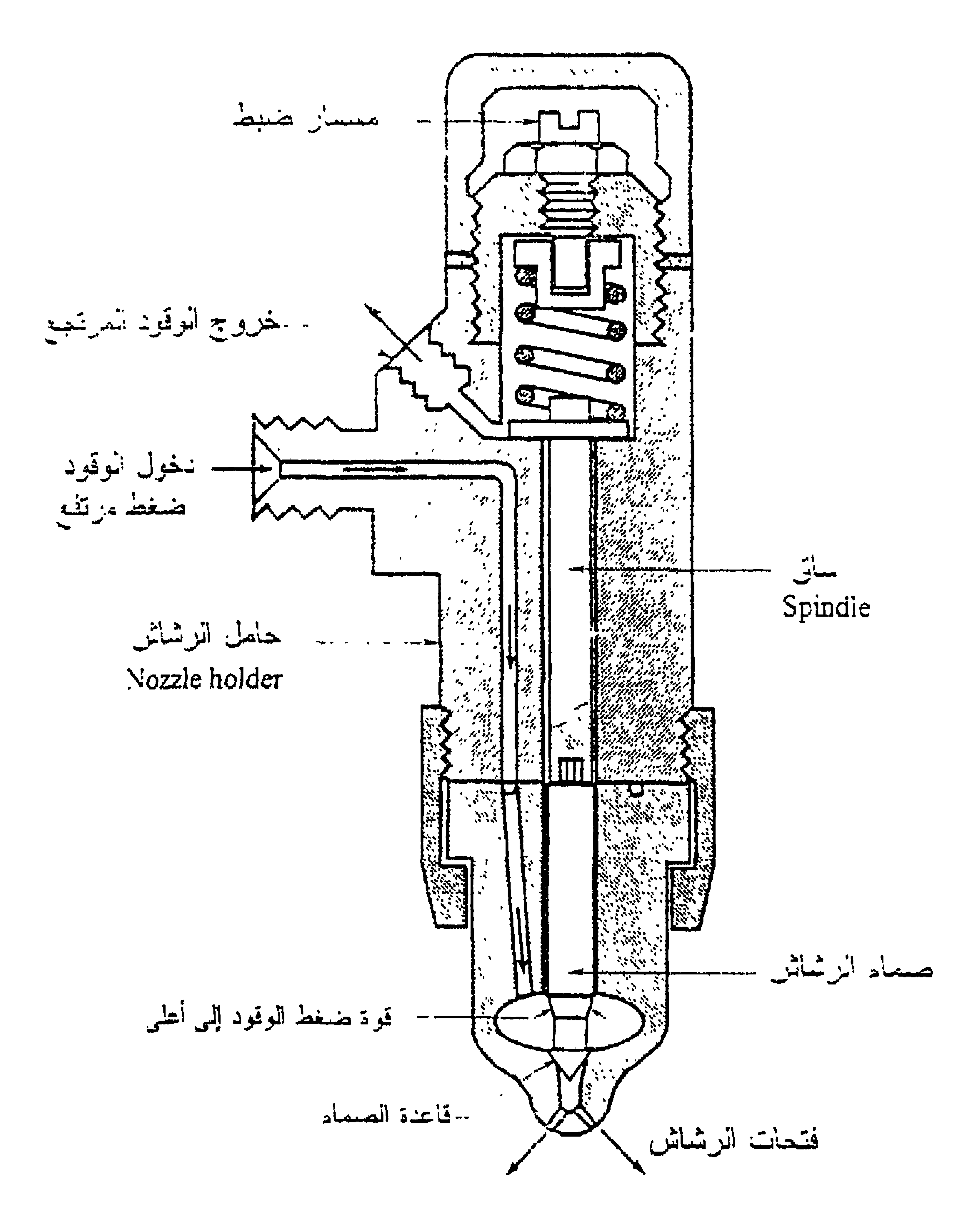
لابد للوقود المحقون داخل غرف الاحتراق أن يحقن على شكل مخروط من أبخرة الوقود حتى نحصل على خليط متجانس يؤدى إلى احتراق جيد للخليط وضمان عدم الاحتراق الغير كامل وتلوث البيئة بغاز لأول أكسيد الكربون الناتج عند الاحتراق ولا تقل أهمية عملية الحقن هذه عن أهمية عملية إمداد محرك الديزل بالوقود المعايير وفى التوقيت الصحيح حتى يحقن داخل غرف الاحتراق.

تؤدى الرشاشات وظيفتين رئيسيتين هما:

- فتح وغلق مجرى الوقود نحو غرفة الاحتراق.
- تحويل الوقود السائل ذو الضغط المرتفع إلى رذاذ بالصورة المطلوبة.

يتكون الحاقن Injector بصفة أساسية من رشاش Nozzle بصمام وحامل له Nozzle holder كما هو موضح بشكل (2-20) وتعتمد فكرة عمل الحاقن على أن صمام الرشاش Nozzle valve ذات القاعدة المخروطية Conical seat يظل مغلقاً عن طريق الرشاش بداخله على الساق ومجموعة الياي والضبط فى النهاية السفلى للساق، يوجد صمام الرشاش، فى أعلى نقطة له يوجد طوق Collar يرتكز عليه الياي. يوجد فى جذر الحامل فتحتان أحداهما لدخول الوقود بضغط عالي والأخرى للوقود الراجع.

يدخل الوقود مرتفع الضغط (القادم من مضخة الحقن) إلى الحاقن حيث يتدفق فى ممر خلال جدار الحامل إلى مجمع Gallery فوق قاعدة صمام الرشاش مباشرة. عندما يزداد تأثير ضغط الوقود على السطح المخروطي للعمود (إلى أعلى) عن قوة الياي، يبدأ الصمام فى الارتفاع عن معقده ويفتح حيث يندفع الوقود من فتحة (أو فتحات) الرشاش إلى غرفة الاحتراق. وتتحد قيمة ضغط الحقن فقط بواسطة قوة الياي .



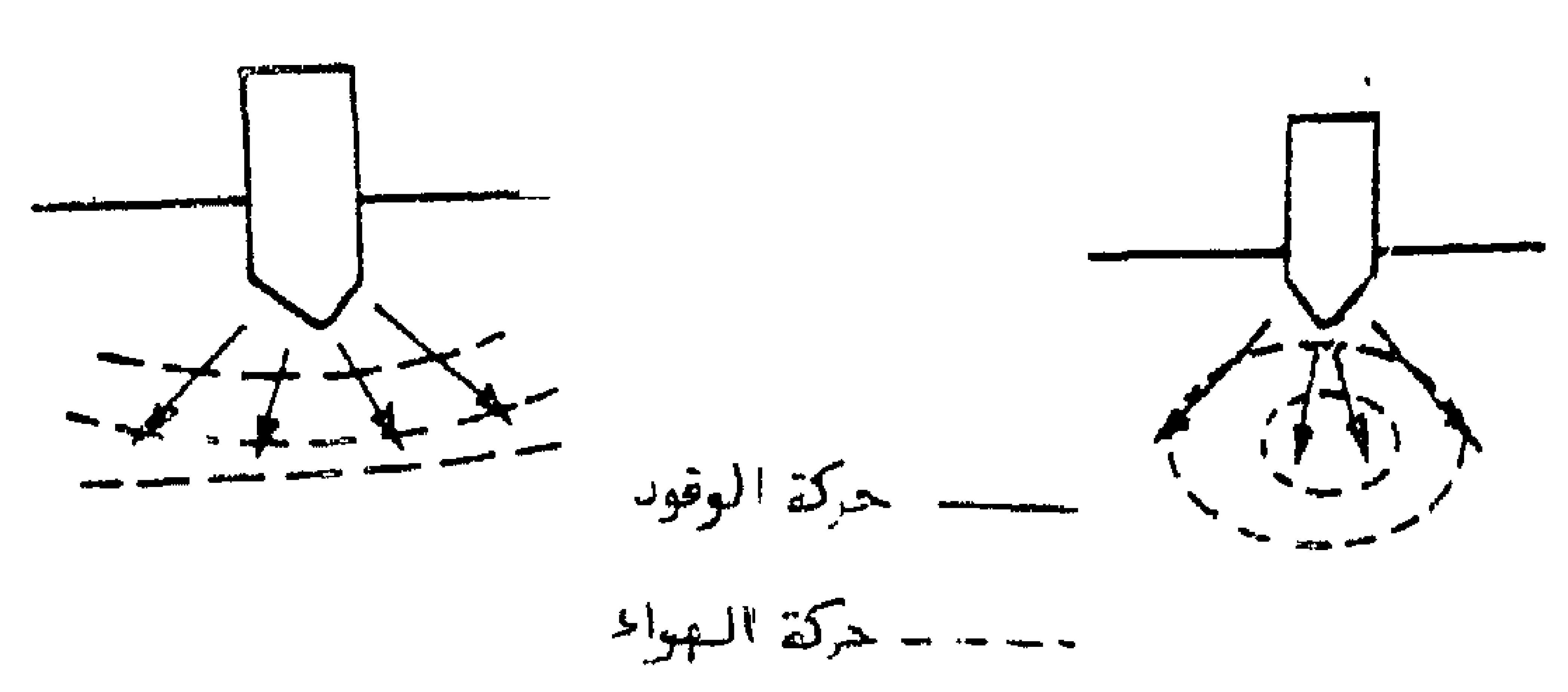
شكل (2-20): الحاقن (الرشاش) The injector

أنواع الرشاشات Types of Nozzles

يعتمد نوع الرشاش المستخدم بدرجه كبيرة على نوعية غرفة الاحتراق المستخدمة ،حيث أن عملية خلط الوقود والهواء تعتمد على السرعة النسبية بينهما وتتأثر السرعة النسبية بطبيعة حركة الهواء داخل غرفة الاحتراق فهناك نوعان من الحركة النسبية بين الهواء والوقود (شكل 2– 21).

النوع الأول: يعود لغرفة الاحتراق المفتوحة (الحقن المباشر) وفى هذا النوع من الغرف يكون الوقود هو الباحث عن الهواء وقد يستخدم رشاشات متعددة الفتحات تقوم بحقن الوقود بضغط يتراوح بين 20 إلى 30 MPa نحو الهواء الذي يدور بسرعة بطيئة. ونتيجة لسرعة الوقود العالية نحصل على خليط جيد. ونتيجة لحركة الهواء البطيئة فأن كمية الحركة الضائعة تكون قليلة مما يجعل أداء غرفة الاحتراق المباشرة جيد جدا عن بدء التشغيل على البارد ويحسن من كفاءتها الحرارية.

النوع الثاني: يعود إلى الحقن الغير مباشر التي يكون فيها الهواء هو الباحث عن الوقود. أن سرعة الهواء فى هذا النوع من الغرف عالية جدا مما يسمح باستخدام ضغط حقن قليل نسبيا 6.5 إلى 10 MPa ورشاش ذو فتحه واحدة .وعملية الاحتراق فى هذا النوع من الغرف سريعة جدا مما يجعلها ملائمة جدا للمحركات ذات السرعات العالية ومع ذلك ونتيجة لسرعة الهواء العالية تزداد كمية الحرارة المفقودة بحيث يصبح من الضروري وجود جهاز تسخين خارجي عند بدء التشغيل على البارد.



شكل (2– 21): نوعان من الحركة النسبية بين الهواء والوقود

ولكل نوع من الرشاشات مزايا وعيوب وليس هناك تصميم محدداً بل يجب على الرشاش المستخدم أن يحتوى على خصائص تتوافق مع غرفة الاحتراق المستخدمة معه ويوضح شكل (2-22) أنواع الرشاشات المختلفة وشكل مخروط الحقن لكل رش.

وفيما يلي شرح مبسط لأنواع الرشاشات المستخدمة بالإضافة إلى مزاياها وعيوبها.

أ- الرشاش ذو الفتحة المفردة (فوهة تذرير ذات ثقب واحد). Slightly open

يستخدم هذا النوع فى غرف الاحتراق المفتوحة. ويحتوى هذا النوع على فتحة حقن واحده محفورة على طول جسم الرشاش وقطر الفتحة أكبر من 0.2mm وأن عملية حفر الفتحة قد تكون مركزيه (على طول خط مركز الرشاش) أو مائلة بزاوية على خط مركز الرشاش. وتستخدم الطريقة الثانية لتلائم بعض المتطلبات الخاصة لغرفة الاحتراق.

من عيوب الرشاش ذو الفتحة الواحدة:

1- جميع الوقود يمر خلال فتحه واحده، وبما أن سرعة الوقود النسبية يجب أن تكون عالية. لذلك فضغط الحقن عاليا جدا.

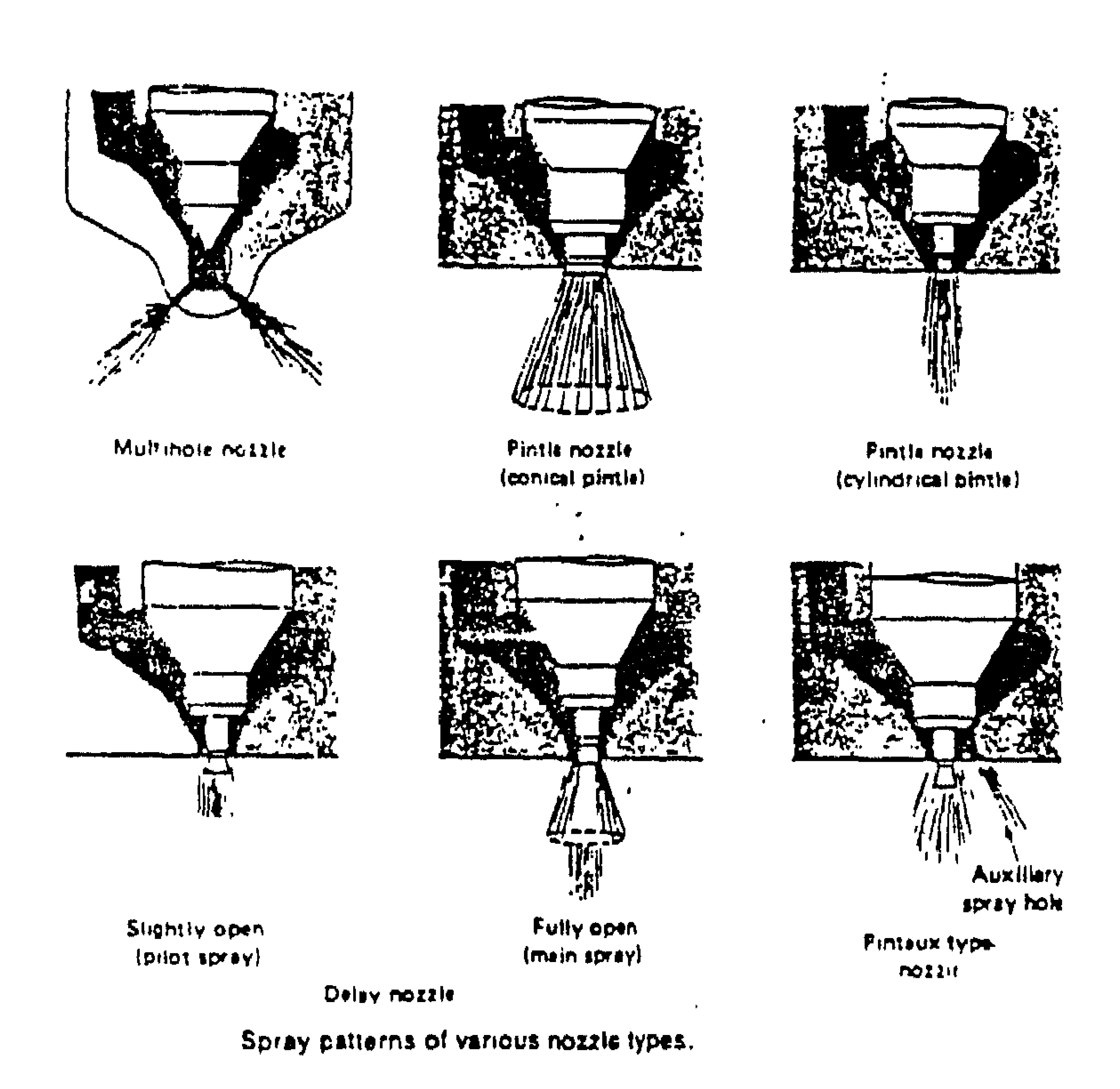
2- إمكانية حدوث التقطير.

3- زاوية الرش صغيرة جدا (4° - 15°) مما يعنى عدم الحصول على خليط جيد إلا إذا ازدادت سرعة الهواء.

ويتميز هذا النوع باتساع ثقب الفوهة وبذلك يقل خطر إعاقة حقن الوقود.

ب- الرشاشات متعددة الثقوب Multi – hole Nozzles

تستخدم الرشاشات المتعددة الثقوب لغرض خلط الوقود بصوره جيده حتى عندما تكون حركة الهواء بطيئة كما هو الحال فى غرف الاحتراق المباشرة "المفتوحة" ويتراوح عدد الفتحات ما بين 4 إلى 18 فتحه إما قطر الفتحة فانه يتراوح ما بين 0.35 إلى 1.5 mm تحفر الفتحات بصوره متناظرة أو بتوزيع معين وذلك لتلائم غرفة الاحتراق المستخدمة.ويلاحظ أنه كلما تعددت ثقوب "الفوهة" كلما قلت أقطارها وترتب على ذلك ضرورة استعمال وقود تام النظافة.



Spray patterns of various nozzle types.

شكل (2-22): أنواع الرشاشات المستخدمة فى نظم حقن الوقود

ويجب عند تصميم ثقوب الرشاش اختيار عدد الثقوب وأقطارها ومواضعها كي تضمن الحصول على جيدة تذرية جيدة للوقود وعلى خليط متجانس داخل الاسطوانة يسمح بعمل المحرك عند كل الحمال بانتظام. ومعظم الثقوب تتعرض لضغوط الوقود عند فتح الرشاش والتي تصل بين 1.20 إلى 1.80 MPa وقد تصل أحياناً إلى 3 MPa وكلما زاد الضغط كلما تحسن شكل مخروط الوقود وزاد الإجهادات العالية على الثقوب وأجزاء الرشاش كلما انخفض الضغط أدى إلى أداء ختم وصعوبة إدارة المحرك.

جـ- الرشاشات ذات المحور الارتكازى الرأسي (Pintle Nozzles)

يستخدم هذا النوع من الرشاشات فى المحركات السريعة الصغيرة وأيضاً فى المحركات ذات غرف الاحتراق الغير مباشر وتتميز بمرور كمية صغيرة من الوقود عند بدء الحقن ثم يزداد المعدل كلما ارتفع الصمام عن قاعدته، يسمى بالرشاش ذي الدليل لان طرف الإبرة يمتد إلى خارج "الفوهة" ويتكون بين الإبرة والفوهة فراغ حلقي يمر فيه الوقود ويشكل طرف الإبرة بالنسبة للشكل المطلوب لنافورة الوقود، فأما أن تكون النافورة اسطوانة Cylindrical جوفاء أو مخروطيه Conical جوفاء بزاوية مقدارها 60° تقريبا. بغرض تجنب الحقن الضعيف وتكون القطرات بجهد محور الدوران بنتوء يسمى بنتل Pintle يبرز خلال فتحة الرشاش. ويكون شكل النتوء أما اسطواني Cylindrical أو مخروطي Conical. عندما يرتفع الصمام يقوم النتوء بحجز الفوهة بصورة جزئية بحيث لا يسمح بزيادة انخفاض مقدار الضغط. وعندما يستمر الصمام فى الارتفاع تصبح الفوهة غير مغطاة وبذلك نحصل على مساحه كاملة للمرور. وهكذا يتم تجنب حدوث التقطير. ويكون شكل الرش عبارة عن مخروط مجوف ومن الممكن تغيير زاوية المخروط مابين 0 إلى 60°، وذلك عن طريق تغيير طرف النتوء.

كما أن ضغط الوقود عند استخدام الرشاش بنتل أقل بالمقارنة مع ضغط الوقود باستخدام الرشاشات ذات الفتحة الواحدة أو متعددة الفتحات. ويمتاز هذا التصميم فى أن حركة الإبرة تعمل على تنظيف الفوهة من الكربون بشكل

منتظم ومستمر ويصنع كل من صمام الإبرة والفوهة من سبيكة الفولاذ المصلدة لتقليل تآكل المعدن.

د- رشاش ذات محور ارتكاز وثقب إضافى (بنتاكس) Pintaux

عندما نضخ الوقود باتجاه معاكس لحركة الهواء فان ذلك يؤدى إلى زيادة التبادل الحراري بين الوقود والهواء. مما يسبب فى ارتفاع الكفاءة فى بدء التشغيل على البارد. مع ذلك فان ضخ جميع الوقود بهذه الطريقة يقلل من كفاءة الاحتراق إلى ممر الحقن لهذا يستخدم رشاش بنتاكس Pintaux لغرض تحسين أداء بدء التشغيل على البارد بدون إحداث اى تأثيرات على الكفاءة

يحتوى رشاش بنتاكس Pintaux على فتحه إضافية Auxiliary spray hole فى جسم الرشاش وتسمح هذه الفتحة بحقن كميه قليلة من الوقود باتجاه معاكس لاتجاه حركة الهواء وذلك لفترة قصيرة قبل بداية الحقن الرئيسي، يساعد هذا النوع على بدء الإدارة عند العمل على البارد. فعند سرعة بدء الإدارة ويكون ضغط الوقود المحقون ضعيف ولا يرتفع الصمام بشكل كافي. فيخرج الوقود من الفتحة الجانبية ويندفع تجاه الغرفة الاحتراق الساخن حيث تزداد فرصة حدوث الاشتعال. وعند سرعات الدوران المرتفعة يكون ضغط الوقود مرتفع مما يؤدى إلى ارتفاع الصمام مسافة كافية وبالتالي يمر معظم الوقود من خلال الثقب المحوري ولا يمر من الثقب الإضافي أكثر من 15٪ من الوقود المحقون وقد تقل هذه النسبة تحت تأثير تراكم الكربون على الثقب الجانبي.

ويعيب رشاش بنتاكس تعرض الفتحة الجانبية للانسداد ومع ذلك فان انسداد الفتحة الجانبية لا يؤثر بدرجه كبيرة على الأداء ويكن التغلب على هذه المشكلة باستخدام تنقيه جيده للوقود.

تأثير خصائص الرش على أداء محرك الديزل

Relation of Spray Characteristics tc Diesel Engine

لكل غرفة احتراق خاصية رش مثالية يمكن الحصول عليها عمليا. وليس هناك خاصية رش فاعلة يمكن تطبيقها على جميع غرف الاحتراق.

- فى غرفة الحقن المباشر وفى حالة عدم وجود حركة قوية للهواء. لابد من توجيه الرش إلى جميع أجزاء غرفة الاحتراق عن طريق استخدام رشاش متعددة= الفتحات.
- وجود حركة قوية للهواء يقلل من تأثير تغيرات الرش على أداء المحرك. لذلك يفعل وجود حركة قوية للهواء.
- يجب أن لا تزيد فترة الرش عند الحمل الكامل عن 30 من زاوية عمود الكرنك.

تشكيل القطرات Spray Formation

عندما يدفع الوقود من خلال فتحات الرشاش تحت ضغط عالي يتحول إلى قطرات صغيرة بسبب المقاومة الديناميكية للهواء الكثيف الموجود داخل غرفة الاحتراق يتراوح مقدار الضغط داخل غرفة الاحتراق عند وقت الحقن بين 2.5 — 3.5 ميجا باسكال، أما كثافة الهواء داخل غرفة الاحتراق فى وقت الحقن فيعادل 12 إلى 14 مرة بقدر كثافة الهواء المحيط. تعتمد عملية تجزئة الوقود على السرعة النسبية بين الوقود والهواء، بالإضافة إلى الخواص الفيزيقية لكل من الوقود والهواء. وتعتمد زاوية الرش " α " على كثافة المحيط المراد ضخ الوقود إليه. عندما تكون نسبة الطول إلى القطر كبيرة، فإن سرعة خروج الوقود من الفوهة تكون عالية جداً ويكون السريان انسيابياً.

أما إذا كانت نسبة الطول إلى القطر تسبب زيادة ى حجم قطرات الوقود. ويمكن الحصول على تذرية منتظمة وقطرات صغيرة بزيادة ضغط الحقن فيزداد متوسط قطر القطرات بزيادة قطر الفوهة، كما أن زيادة اللزوجة تزيد من متوسط قطر القطرات العوامل التي تؤثر على شكل النافورة

١- ضغط الحقن

٢- أبعاد فتحة الفونية وشكلها

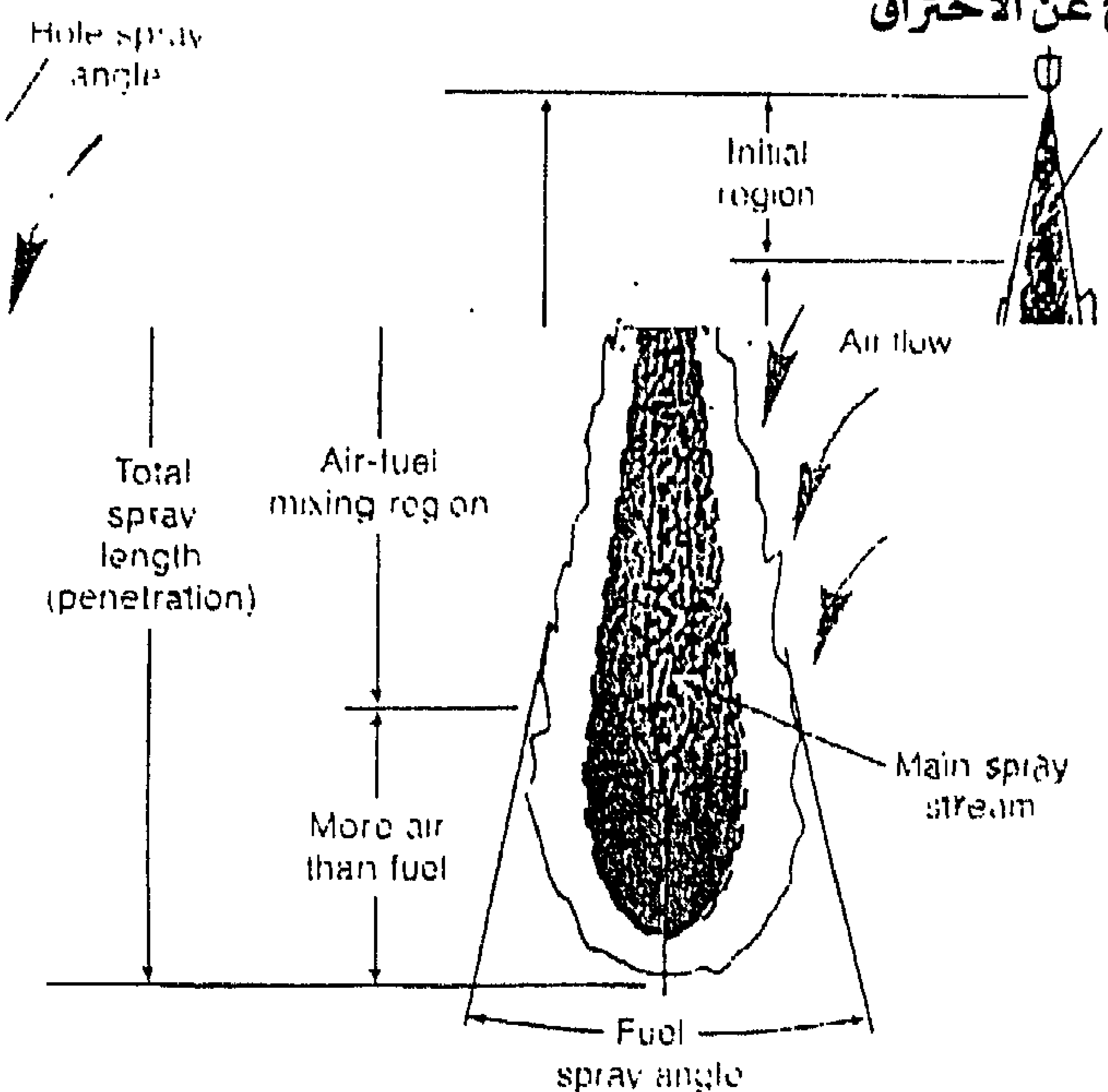
٣- ضغط داخل غرفة الاحتراق

ويوضح شكل (2-23) مخروط الوقود بعد خروجه مباشرة من فوهة الرشاش. حيث يتكون المخروط من ثلاث مناطق رئيسية لخلط الهواء مع الوقود.

- المنطقة الأولى Initial region وهى منطقة خليط غنى وكثافة عالية تعمل على اختراق Penetration الوقود خلال غرفة الاحتراق.

- المنطقة الثانية Mixing region وهى منطقة خلط الوقود بالهواء حيث تعمل طاقة حركة الوقود ومقاومة الهواء المضغوط الساخن فى نهاية مشوار الضغط على تذر ير نقاط من سطح مخروط الوقود وتكوّن خليط متجانساً ويبدأ التفاعل فيه حتى يبدأ ظهور اللهب.

- المنطقة الثالثة Third region وهى منطقة الخليط الغفير حيث تقل نفاذية الوقود ووصوله إلى هذه المنطقة ولكن تحترق بعد تحسن الخلط بتأثير ارتفاع الضغط الناتج عن الاحتراق



شكل(2-24): مخروط الوقود بعد خروجه مباشرة من فوهة الرشاش.

العوامل التي تؤثر على عمر الرشاش

١- الرواسب: تؤدى الى زيادة التاكل بين الصمام وأسطوانته وكذلك تؤدى الى اتساع ثقوب الفوهات وسوء عملية التذرية

٢- الحرارة الزائدة: تؤدى إلى زيادة التمدد بين الصمام الأبرى وجسم الصمام مما يؤدى إلى زيادة التآكل بينهما. وكذلك زيادة التسرب إلى ماسورة الفائض وتقليل الكمية اللازمة لعملية الحقن.

٣- المياه: تؤدى إلى ظهور الصدأ على الجزاء وكذلك تلف عملية التزييت بواسطة زيت وقود الديزل وقد لا تستطيع هذه القطرات من المياه أن تمر خلال ثقوب الفوهة وقد تؤدى إلى تلف أو شرح الفوهة.

٤- الكبريت: عند احتواء الوقود على نسب عالية من الكبريت قد يؤدى ذلك إلى تكون كبريتات أو أحماض الكبريت التي تؤدى إلى تآكل قاعدة الصمام أو تلف الثقوب.

الباب الثالث

جهاز الحاكم في المحركات

(منظم المحرك)

(ENGINE GOVERNER)

الباب الثالث (Chapter 3)

جهاز الحاكم في المحركات

(منظم المحرك)

(ENGINE GOVERNER)

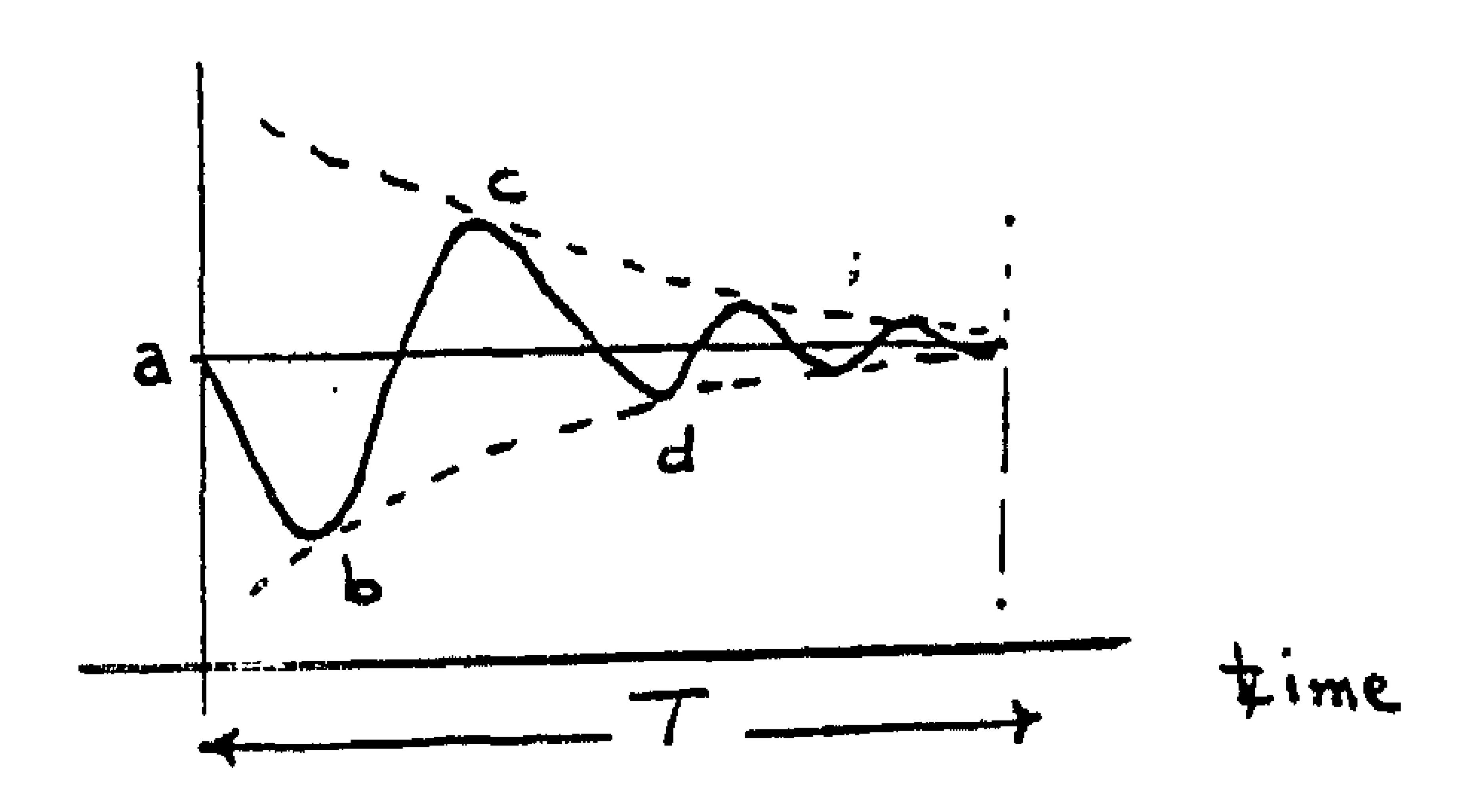
مقدمــــه:

تتناسب القدرة الناتجة من المحرك مع كمية الوقود المحترقه داخل الأسطوانة. فإذا حدث زيادة في كمية الوقود تحدث زيادة في القدرة البيانية عن العمل الذي يريده المحرك فسوف يؤدي إلى زيادة في سرعة المحرك تبعا لذلك، أما إذا زاد حمل المحرك عن القدرة البيانية الناتجة فسوف تقل سرعة المحرك لدرجة أنه قد يقف تماما و ذلك إذا زادت درجة التحميل كثيرا عن القدرة الناتجة من المحرك . وحتى يعمل المحرك عند سرعة ثابتة مع أحمال متغيره. فلابد أن يتغير معدل تدفق الوقود المحترق فيه بطريقه تضمن لنا تناسب القدرة الناتجة مع الحمل الواقع عند تلك السرعة المطلوبة.

وعلى سبيل المثال نجد أنه لو سارت السيارة في أرض مستوية فإن السائق يقوم بضبط سرعة المحرك على السرعة المرغوب فيها ولكن إذا قابلت السيارة في طريقها منخفضات أو مرتفعات بسيطة أي تتوقع تغيير المقاومات على السيارة فأن سرعة المحرك تقل أو تزيد حسب تغيير هذه المقاومات أو الأحمال التي تقابلها السيارة.

و المنظم GOVERNER هو الجهاز الذي يمكن بواسطته التحكم في كمية الوقود اللازمة لتغذية المحرك عند الأحمال المختلفة .

فعندما تقل سرعة المحرك يجب أن يفتح الخانق أكثر حتى يدخل إلى الأسطوانة وقودا أكثر وعندما تزيد السرعة يجب أن يقلل من تدفق الوقود ولكنه مهما توفرت مهارة السائق لا يمكنه القيام بهذا العمل بالسرعة اللازمة للمحافظة على سرعة ثابتة للمحرك إلا في حالة عدم تغير الحمل أو إذا كان تغيره بطيئا جدا. ووظيفة منظم السرعة هو القيام بهذا العمل بسرعة ودقه وبطريقة تلقائية فبمجرد تغير سرعة المحرك فأن المنظم يعمل على ضبط معدل تدفق الوقود كي تتناسب كميته مع الحمل. ويوضح شكل (3-1) التغير في السرعة بالنسبة إلى الزمن، فعندما تنخفض السرعة من A إلى B يزيد الحاكم كمية الوقود فترتفع السرعة إلى C وهنا يتدخل الحاكم ليقلل من دخول الوقود فتهبط السرعة إلى .D وهكذا حتى تصل في النهاية إلى قيمتها الأصلية ويلاحظ أن الحاكم سريع المفعول يقلل من طول الفترة الزمنية T فكلما كانت كمية الهواء التي تسحب في الأسطوانة دائما ثابتة تقريبا، وكان تغير العمل ينتج عن زيادة أو نقص كمية الوقود المحقونة، فأن التحكم يكون كيفيا Quality (بعكس محركات البنزين). وتغيير كمية الوقود يتم عن طريق المنظم.



شكل (3-1): التغير في السرعة بالنسبة إلى الزمن

وظيفة المنظم :

١- يعمل المنظم على تنظيم و ضبط كمية الوقود المحقون ليظل دوران المحرك منتظما خاصة عند سرعة اللاحمل حتى لا يميل المحرك إلى الزيادة أو الانخفاض في السرعة .

٢- تفادي زيادة سرعة الدوران كثيرا عن السرعة القصوى للآلة عندما يقل الحمل .

٣- تحديد السرعة الحرجة العليا أي منع تجاوز سرعة الدوران النهائية للمحرك حتى لا تتعداها و تحدث أضرارا كبيرة بأجزاء المحرك.

٤- تنظيم كمية الوقود المحقون حتى يدور المحرك بسرعة منتظمة و ذلك عند السرعات و الأحمال المختلفة التي يتعرض لها المحرك.

على ذلك فمنظم السرعة يعمل على بقاء سرعة المحرك ثابتة. أي سرعة واحده مهما تغير الحمل أي من حالة لأداره بدون حمل إلى حالة الحمل الكلى. وهناك أنواع أخرى من المنظمات تقوم بوظائف أخرى منها ما يأتي:

1- منظم السرعة المتغيرة:

وهو منظم يحافظ على سرعة ثابتة مختارة للمحرك تبدأ من سرعة الأداره بدون حمل إلى أقصى سرعة ممكنه.

2 - منظم حدي للسرعة :

الغرض من هذا المنظم هو تنظيم سرعة المحرك عند أقل سرعة أو عند أقصى سرعة. بالمنظم الذي لا يسمح للمحرك بأن تزيد سرعته عن حد أقصى يسمى منظم الحد الأقصى للسرعة .ويجب ملاحظة أن منظم حدي السرعة لا يعمل على تنظيم السرعة عندما تكون هذه السرعة واقعه بين الحد الأدنى والأقصى للسرعة المصمم عليها المحرك.

3- منظم إيقاف المحرك عند تجاوزه للسرعة المأمونة:

يعمل على غلق الوقود كليه في حالة زيادة سرعة المحرك عن حد معلوم. ويعتبر جهاز أمن فقط.

كيفية عمل منظم:

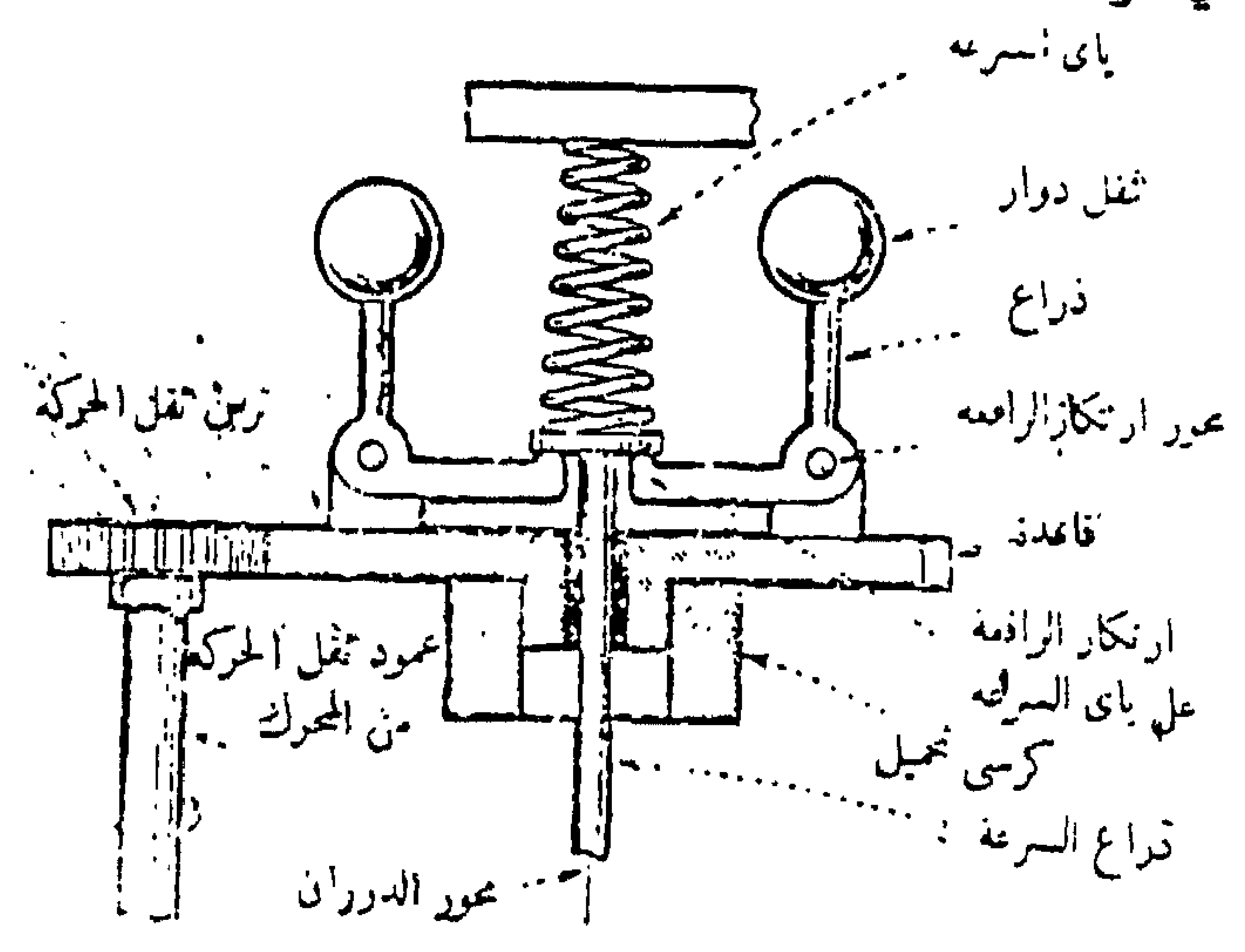
في حالة قيام المنظم بتنظيم سرعة المحرك يجب عليه كخطوه أولى قياس السرعة، فإن جميع أنواع المنظمات من أبسطها إلى أدقها تشتمل على أداه دقيقه لقياس السرعة. وبعد قيام المنظم بقياس السرعة يجب عليه كخطوه ثانيه تحويل دلالة أجزاء قياس السرعة (عندما يحدث تغير في السرعة) إلى حركه تنتقل إلى جهاز حقن الوقود عن طريق عدة روافع .وبذلك يتم تنظيم مقدار الوقود المحقون في أسطوانة المحرك. ويحتفظ بسرعة ثابتة ويطلق على النوع العادي منه أسم منظم السرعة الثابتة يتوقف عمل منظم السرعة الثابتة على أي تغير في حمل المحرك يقابلة تغيرا في سرعته .فإذا كان معدل تدفق الوقود إلى المحرك ثابتا لزادت سرعته إذا قل الحمل وأبطأت سرعته إذا زاد الحمل ويمكن أن نذهب أكثر من ذلك فنقول أن المحرك يسرع جدا إذا أزيل الحمل، ومن جهة أخرى فإن المحرك يقف عن الحركة إذا زاد الحمل.

ولكي يعمل المحرك عند سرعة ثابتة يجب أن يتغير معدل تدفق الوقود بطريقه ما بحيث تكون القدرة التي يولدها المحرك متساوية تماما للحاجة عند السرعة المطلوبة.ويتم ذلك أما بأن يقف العامل بجانب المحرك ويعمل على ضبط صمام خانق في طريق تدفق الوقود إلى المحرك وذلك عندما يلاحظ تحرك مؤشر عداد السرعة إذا كان المحرك مزودا بعداد.

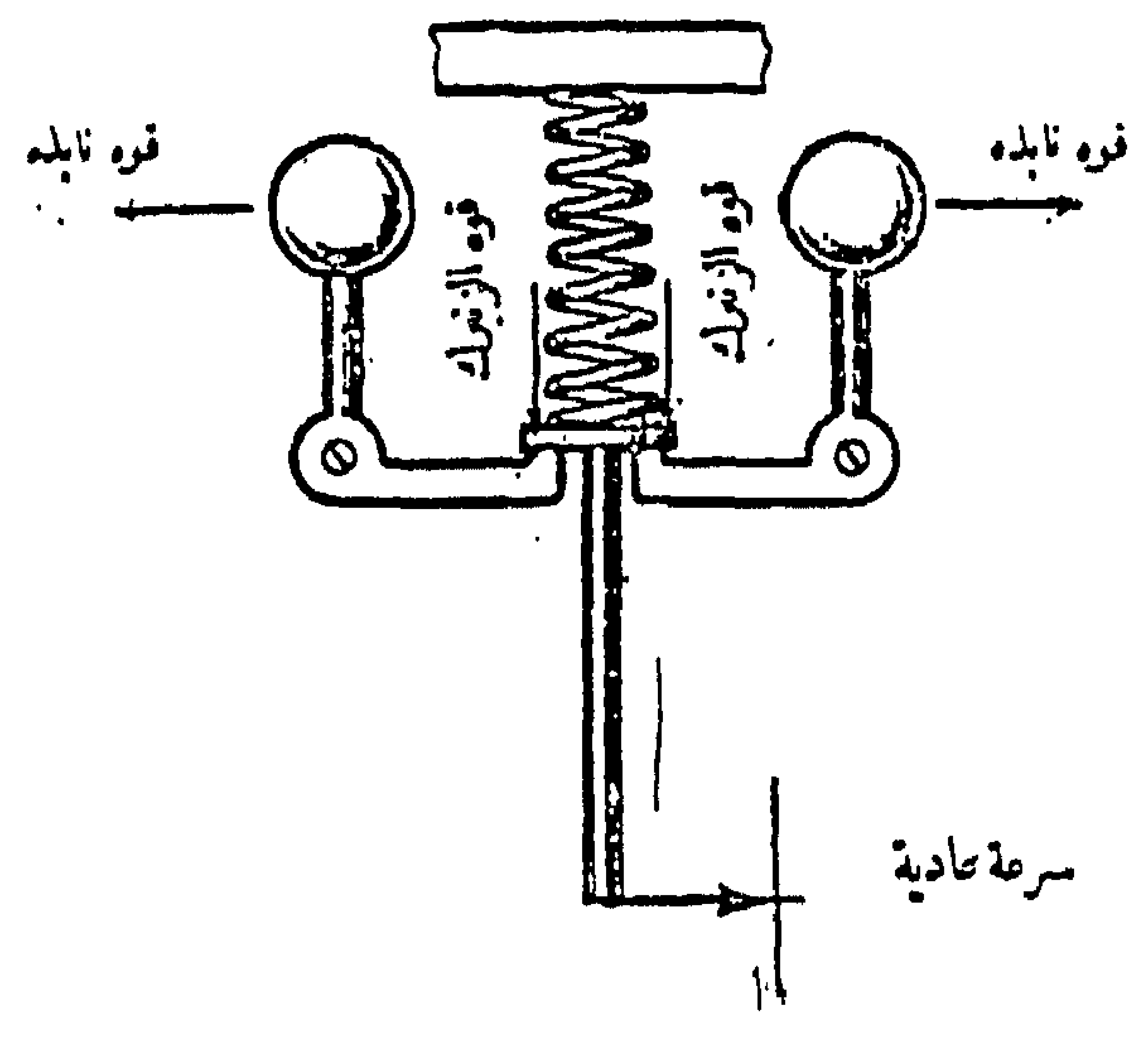
و فكرة عمل المنظم تعتمد على أن هناك ثقلين كل منهما مثبت في نهاية ذراع رأسي من رافعه ترتكز على قاعدة تستمد خركتها من المحرك بتروس خاص كما يوضح شكل (3-2). وبذلك يكتسب الثقلان سرعة دورانيه وقوة طرد تتناسب مع سرعة المحرك. وتكون هذه القوه في اتجاهين مختلفين وتتزن بواسطة الياي.

ويوضح شكل (3-3) وضع التوازن بين القوه الطاردة للأثقال وقوة الياي عند السرعة العادية للمحرك. ويلاحظ أذرع الأثقال رأسية الوضع فلو زادت سرعة المحرك تزداد القوة الطاردة للأثقال فتجعلها تتحرك خارج محور الدوران. وتعمل حركة الأثقال الخارجية هذه على رفع طرفي الرافعتين وينضغط الزنبرك قليلا

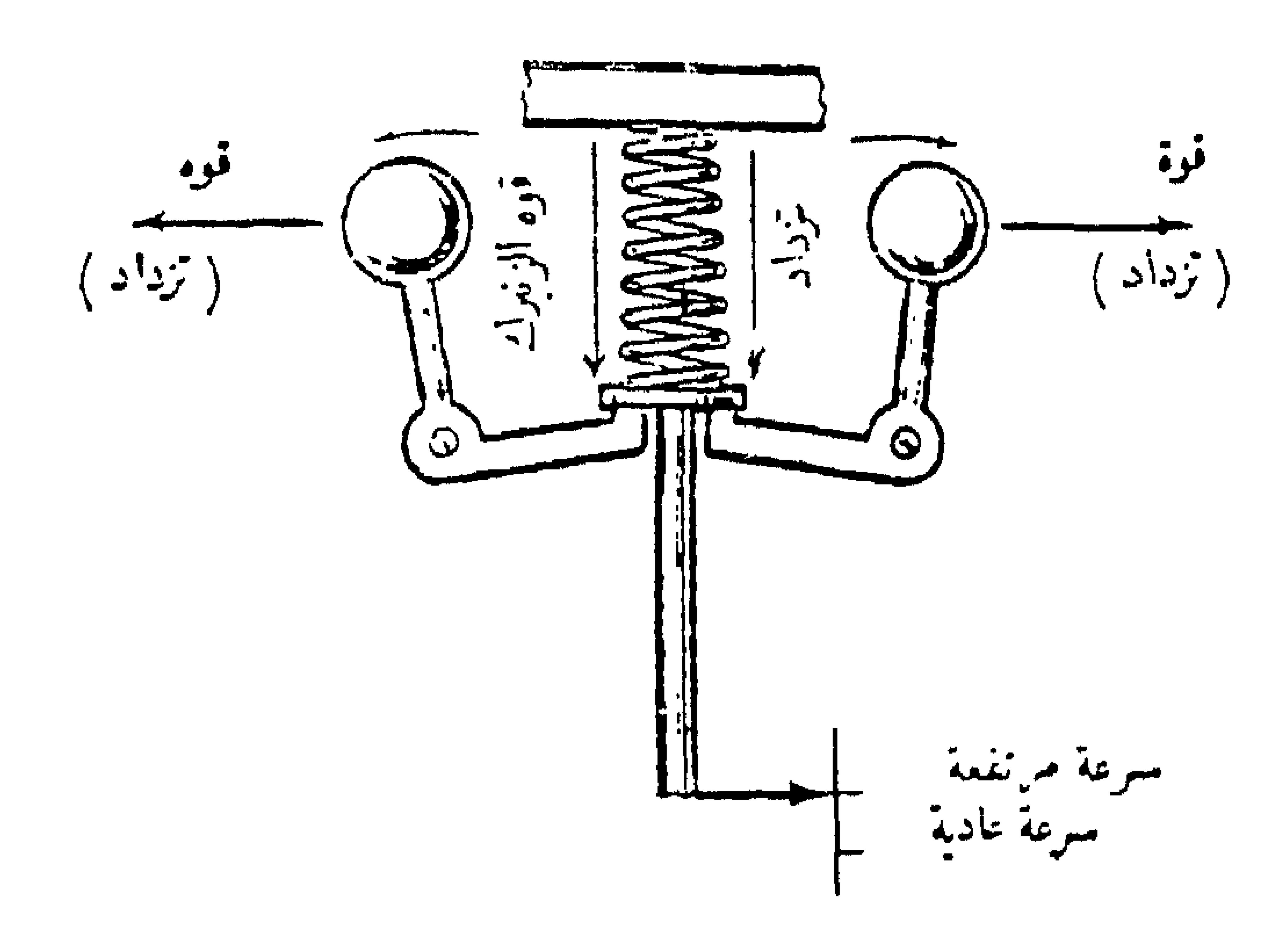
فتزداد قوته المضادة ويحدث التوازن عند النقطة التي تتساوى فيها القوى الطاردة مع القوه الجديدة للياي وذلك عند وضع جديد للأثقال يكون بعيدا إلى الخارج كما هو واضح من شكل (3-4). ويكون الأثير عكسيا إذا ما قلت السرعة حيث تقل القوه الطاردة للأثقال ويعمل الياي على دفعها إلى الداخل حيث تصل إلى وضع التوازن كما بشكل (3-5). وعلى ذلك فالأثقال تأخذ وضعا خاصا على مسافة معينه من محور الدوران عند أي سرعة.



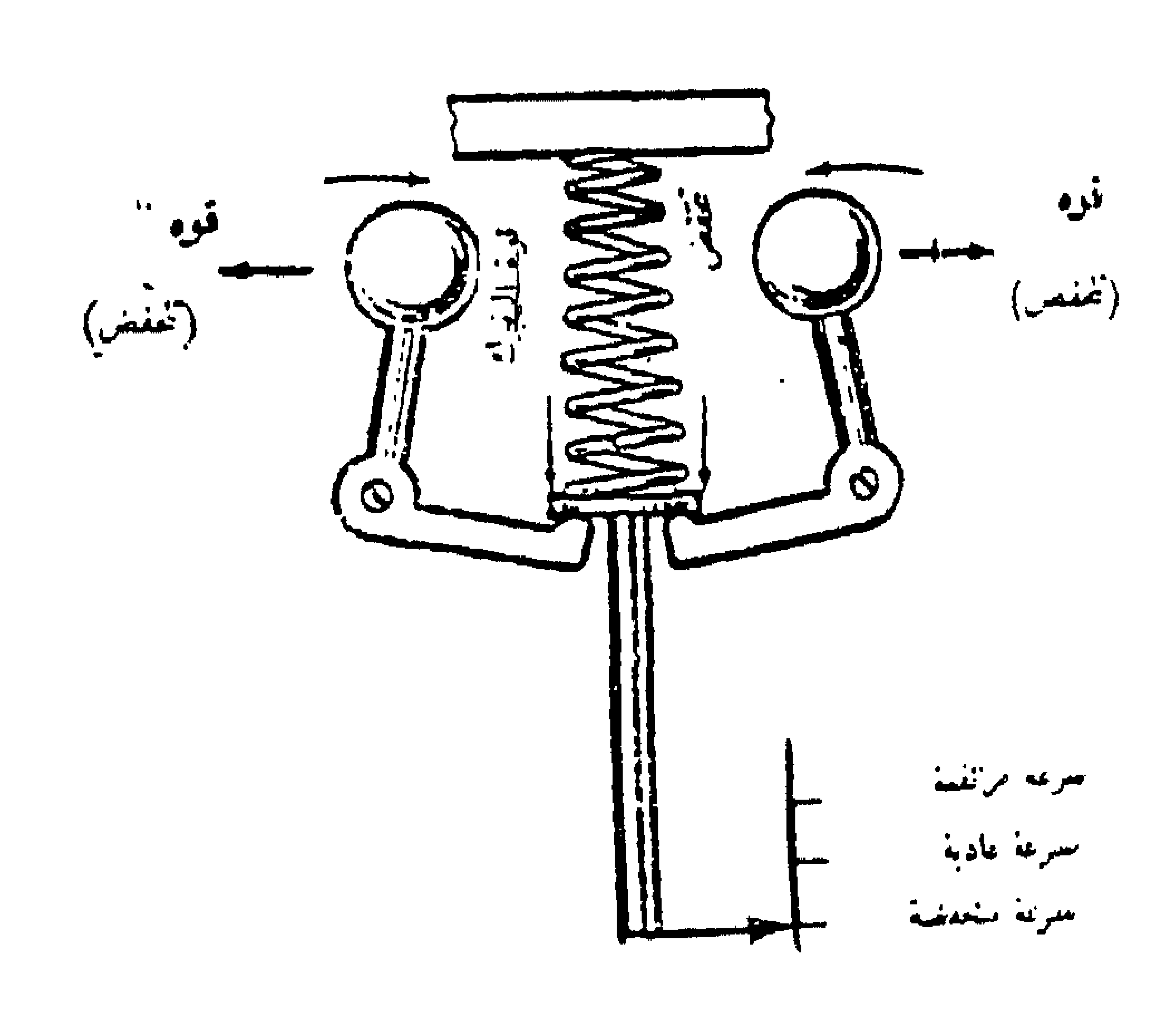
شكل (3 -2) : التصميم البسيط للحاكم



كل (3-3) : وضع التوازن بين القوه الطاردة للأثقال وقوة الياي عند السرعة العادية للمحرك

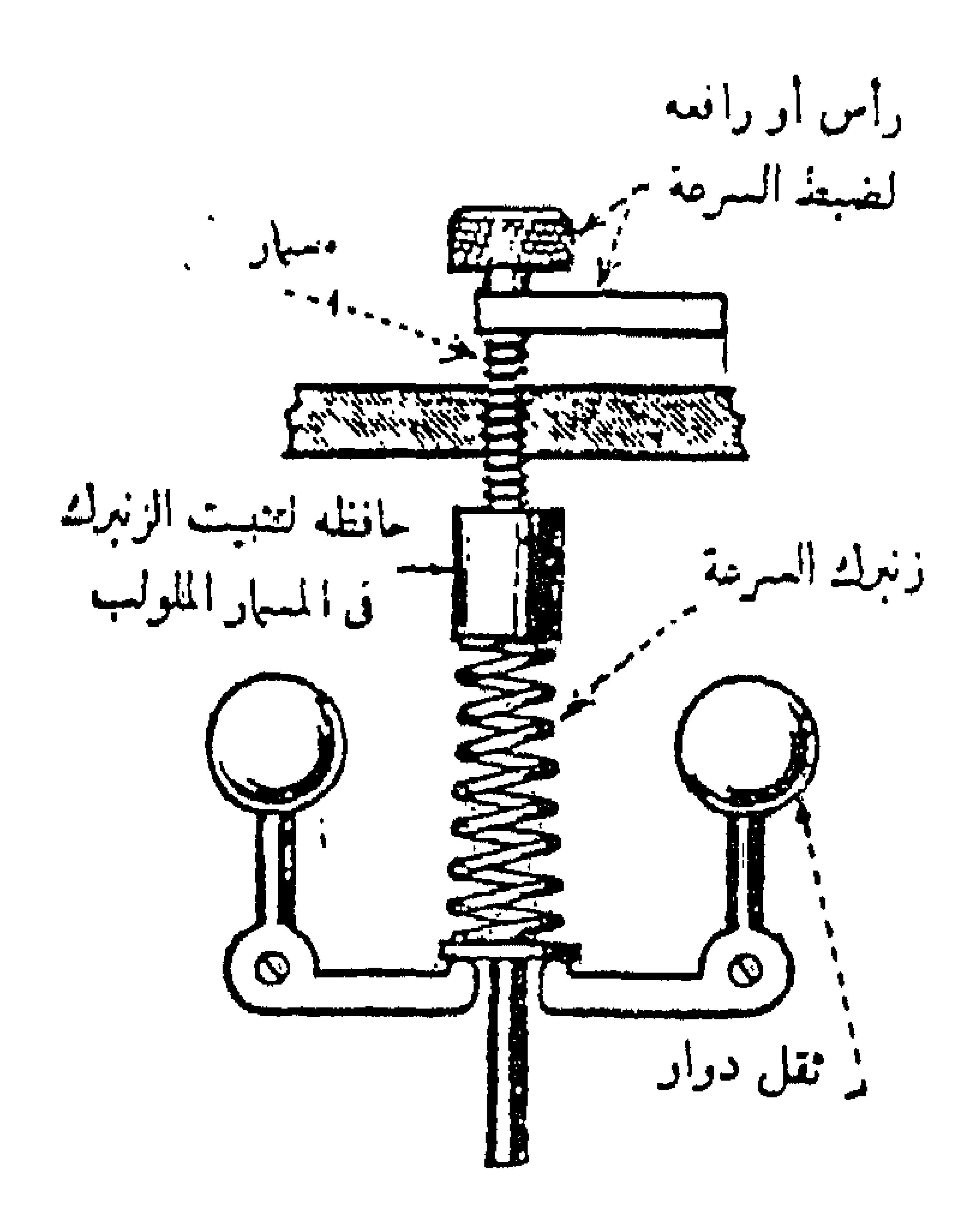


شكل (3-4) : تحرك أذرع الأثقال بعيداً عن محور الدوران عند زيادة سرعة المحرك عن الحد المعتاد



شكل (3-5): : تحرك أذرع الأثقال قريباً عن محور الدوران عند انخفاض سرعة المحرك عن الحد المعتاد

يمكن ضبط قوة الياي التي تعمل على مقاومة القوه الطاردة للأثقال وذلك لتحديد سرعة المحرك. و يوضح شكل (3-6) يوضح طريقة ضبط سرعة المحرك حيث يلاحظ وجود حافظه فوق الطرف الأعلى للياي بحيث يمكن ضبط هذا القرص برفعة أو خفضه بواسطة عمود حلزوني ينتهي برافعه أو رأس مسدسه أو أسطوانة خارج المنظم.



شكل(3-6): طريقة ضبط المنظم .

بعض التعاريف الخاصة بالمنظم:

1 - اتزان المنظم (Stability)

وهو الحصول على السرعة المرغوبة من المحرك بدون تذبذبات فيها. وهى تمثل الأوضاع السليمة للمنظم والوقت اللازم لتصحيح سرعة المحرك عند تغير الأحمال.

2 – التحكم (Regulation)

$$R = \frac{2(N_1 - N_2)}{N_1 + N_2} \times 100$$

N_1 السرعة إثناء عدم تحميل المحرك على الحمل الكامل Speed at No-Load

N_2 السرعة إثناء تحميل المحرك على الحمل الكامل Speed at Full-Load

3 - الحساسية Sensitiveness (S)

هي القدرة على الشعور بأقل تغير في السرعة. وهى السرعة التي يبدأ عندها المنظم في حركة مجموعة الروافع المتصلة بجهاز الوقود لكي يغير سرعته. فإذا كان المحرك والمنظم يدوران بسرعة متعادلة Equilibrium Speed بدون تذبذب ولتكن N_E فأن هناك سرعة N أعلى أو أقل N_E يبدأ المنظم في حركة مجموعة الروافع المتصلة بجهاز الوقود وتعرف:

$$S = \frac{2(N_E - N)}{N_E + N}$$

$$N_E = \sqrt{N_{max} - N_{min}}$$

ويمكن حساب اقصى سرعة واقل سرعة من المعادلات التالية:

$$N_{max} = \frac{200 + S}{200 - S} \times N_E$$

$$N_{min} = \frac{200 - S}{200 + S} \times N_E$$

4 - قوة المنظم (Governor Strength)

هي القوه الناتجة من المنظم والتي يجب أن يتغلب عليها من مجموع المقاومات التي تقابل مجموعه من الروافع المتصلة بجهاز الوقود حتى تقابل الزيادة أو النقصان في سرعة المحرك.

أنواع المنظمات

تنقسم المنظمات بالنسبة للقوه المستعملة لتحريك صمام معايرة الوقود إلى نوعين:

أولا- المنظم الميكانيكي (Mechanical Governor)

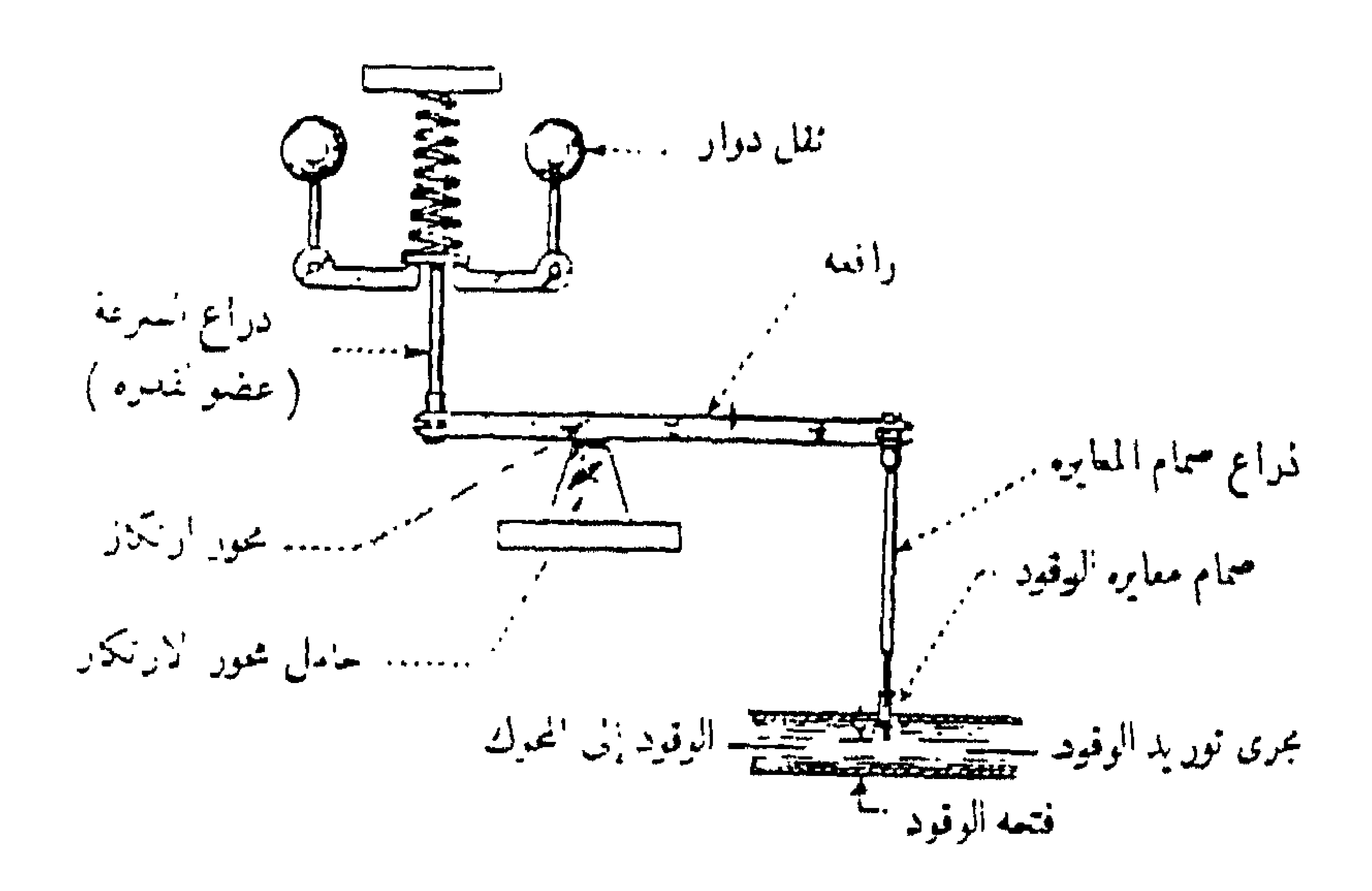
والمنظمات الميكانيكية تستخدم القوه الطاردة للأثقال مباشرة لتشغيل صمام المعايرة الذي يتحكم في تغيير كمية الوقود شكل (3-7) يوضح رسما تخطيطيا لكيفية تغيير كمية الوقود. ويشتمل الرسم على الآتي:

1- **ذراع السرعة:** العمود الذى ينقل القدرة مباشرة من الأثقال الدوارة.

2- **رافعـه :**وتستعمل لنقل حركة ذراع السرعة إلى صمام المعايرة.

3 -**صمام أو عضو المعايرة :** قد أستعيض عن التصميم الدقيق المستعمل عادة في المحرك بصمام خنق بسيط للإيضاح على هيئة بوابه يمكن ترتكبيها داخل مجرى توريد الوقود تغيير مقداره نتيجة هذا المجرى.

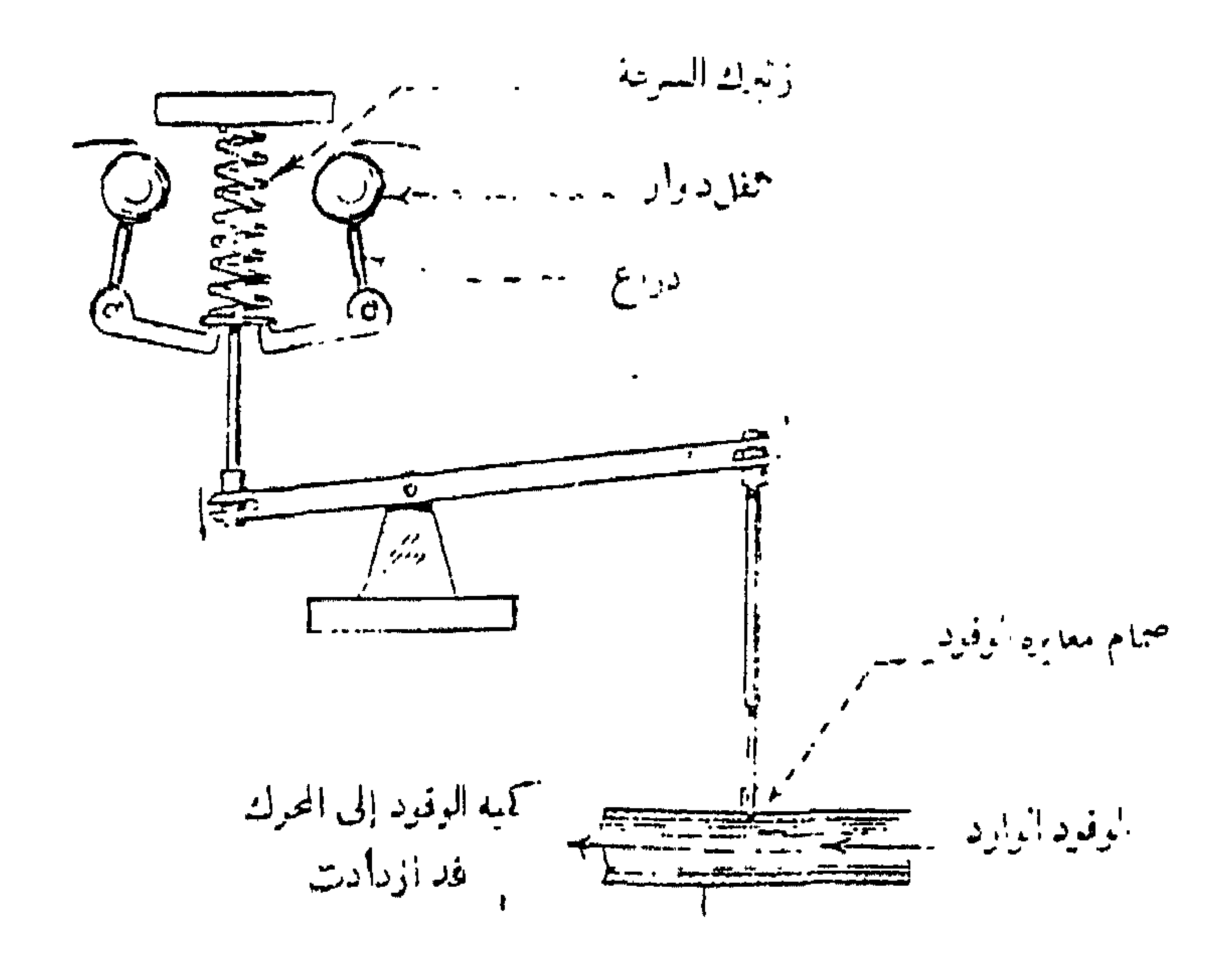
و فيما يلي سوف نوضح ماذا يحدث لكل من المنظم وصمام معايرة الوقود عند زيادة الحمل وعند نقصانه في منظم من النوع البسيط.



شكل (3-7): كيفية تغيير كمية الوقود

أولا- في حالة زيادة الحمل (شكل 3-8):

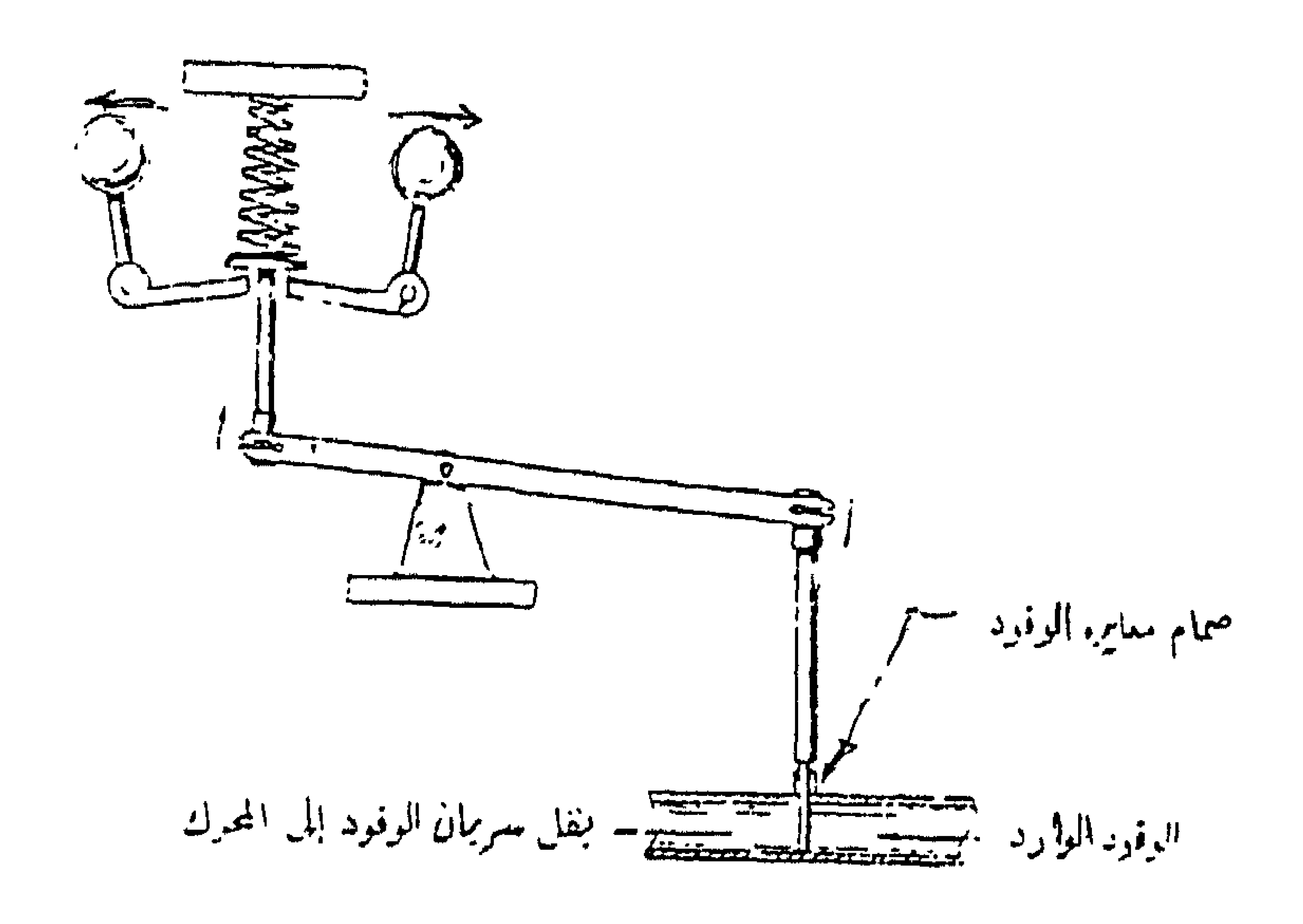
عند زيادة حمل المحرك تنخفض سرعته و انخفاض سرعة المحرك يؤدى إلى انخفاض سرعة دوران المنظم الدوارة و انخفاض سرعة دوران أثقال المنحسم يؤدى إلى انخفاض قواها الطاردة وبذلك يتمكن الياي مع دفع الأثقال إلى الداخل ودفع ذراع السرعة إلى أسفل و عندما يتحرك ذراع السرعة إلى أسفل يتحرك صمام المعايرة إلى أعلى لتزداد فتحة سريان الوقود وبذلك تزيد كميته إلى أسطوانات المحرك و ينتج عن الزيادة في مقدار الوقود المحقون زيادة في قدرة المحرك تتناسب مع مقدار الزيادة في العمل و تزداد سرعة المحرك ولكنه لا تصل إلى مستواها الأصلي لأنها لو وصلت إلى هذا الحد فأن صمام المعايرة سوف لا يكون مفتوحا فتحه كافيه تتناسب مع الزيادة في العمل ومن المعلوم أن فتحة صمام المعايرة تزداد فقط عندما تكون الأثقال قريبه من محور دورانها ولا يتأتى هذا إلا بسبب السرعة المنخفضة.



شكل (3-8): تأثير زيادة الحمل على المنظم

ثانيا- في حالة انخفاض الحمل (شكل 3-9):

عندما يقل الحمل تزيد سرعة المحرك، وزيادة سرعة المحرك تزيد من سرعة دوران أثقال المنظم وبذلك تزيد من قوتها الطاردة وتتغلب على قوة الياى وترفع ذراع السرعة إلى أعلى و عندما يتحرك ذراع السرعة إلى أعلى يتحرك صمام معايرة الوقود إلى أسفل لغلق فتحة تدفق الوقود إلى المحرك فتقل بذلك كمية الوقود وبذلك تنخفض قدرة المحرك حتى تتناسب مع الحمل القليل و تنخفض سرعة المحرك ولكن ليست إلى سرعة الحمل السابق للإستحالة الميكانيكية من حيث المحافظة على الوضع الجديد لضمام المعايرة مع عودة الأثقال إلى وضعها الأصلي. فأن ضرورة تقليل فتحة تدفق الوقود مع الحمل الصغير تتطلب أن تكون أذرع الأثقال ليست رأسية الوضع بسبب زيادة السرعة عما قبل.



شكل (3-9): تأثير انخفاض على المنظم

ويلاحظ من دراسة عمل المنظم الميكانيكي السابق شرحه أن السرعة النهائية للمحرك تكون أقل من السرعة الأصلية بعد زيادة الحمل، وتكون أكبر بعد انخفاض الحمل ففي حالة المثال الخاص بزيادة الحمل كان تأثير المنظم غير كاف لإعادة رفع سرعة المحرك إلى ما كانت عليه ونتيجة لذلك فأن المحرك يسير بسرعات مختلفة عند الأحمال المختلفة ولكنه عند أي حمل خاص يكون صمام المعايرة في وضع ثابت وفى حالة سكون وبذلك يدور المحرك بسرعة معينه تتناسب مع الحمل. وعدم قدرة المنظم على أعادة السرعة الأصليه بعد تغيير الحمل تسمى الانحراف الدائم للسرعة وهى أحدى الصفات اللازمة لجميع المنظمات الميكانيكية وسببها أن قوة أثقال المنظم تحرك صمام المعايرة عن طريق مباشر بواسطة روافع ميكانيكية. ولو أن هذا الانحراف الدائم لا يمنع من استخدام المنظم الميكانيكي في أغراض كثيرة ما دام مقدار الانحراف في السرعة على درجة معقولة.

مزايا المنظمات الميكانيكية:

1 رخيصة الثمن.

2 - عمل بطريقه مرضيه في الحالات التي لا يلزم فيها الاحتفاظ الدقيق بنفس السرعة بصرف النظر عن مقدار الحمل.

3- بسيطة في تركيبها حيث تتركب من أجزاء قليلة.

عيوب المنظمات الميكانيكية:

1 حساسيتها ضعيفة إذ أن الأعضاء الخاصة بقياس السرعة يجب عليها في ذات الوقت ان تعطى القوه اللازمة لتحريك معايرة الوقود

2 - قدرتها ضئيلة نسبيا ألا إذا كان المنظم كبيرا جدا.

3- لا يمكن تناسب الانحراف الدائم في سرعتها وبناء على ذلك لايمكن استعمالها في الحالات التي يستلزم فيها الأمر ثبات سرعة المحرك عند حد معين.

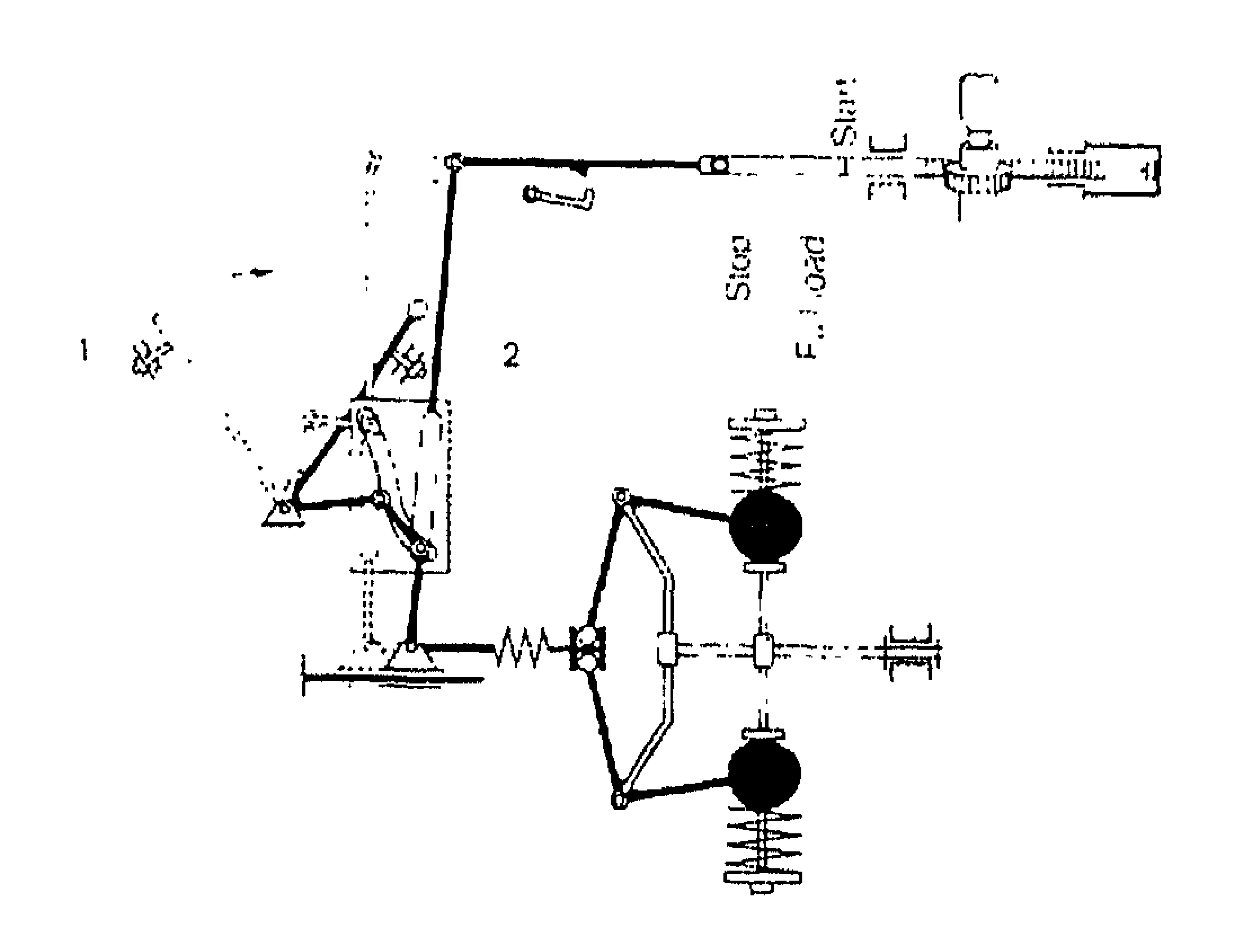
و فيما يلي نماذج لمنظمات الميكانيكية

أولا : منظم السرعات المتغيرة Variable-Speed Governor

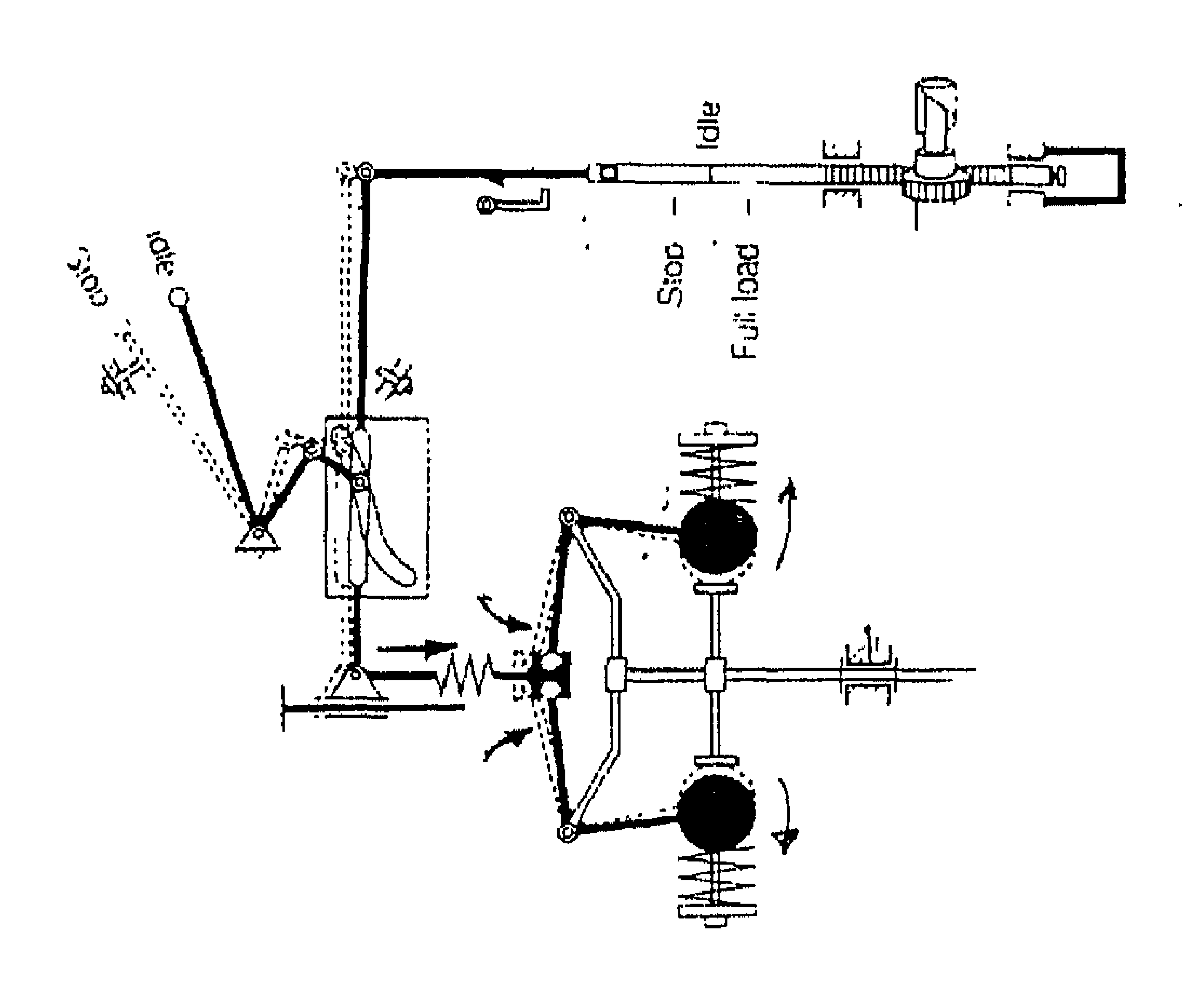
يعمل هذا المنظم على تنظيم السرعات عند كل السرعات حيث يركب يايات على كتل الطرد المركزي للخارج ضد تأثير اليايات المركبة عليها و تؤدي الكتل للخارج الى تحريك الجريدة المسننة للخلف و تقليل الكمية المسلمة .

-وضع بدء الإدارة Starting engine : فعند بدء إدارة المحرك يقوم السائق بالضغط على بدال الوقود إلى أخر المشوار حتى يحصل على أكبر كمية وقود تكفي لبدء إدارة المحرك ،و تكون سرعة عمود كامات المضخة أقل ما يمكن و لا يعمل المنظم عند هذا الوضع و تتحرك الجريدة المسنة لنهاية المشوار كما يوضح الشكل (3-10).

-وضع اللاحمل Idle Setting: يقوم السائق برفع القدم عن البدال و تعود الجريدة المسننة للخلف بفعل اليايات و أيضا بتأثير عمل المنظم و الذي يبدأ العمل حيث أنه بزيادة السرعة تبدأ الكتل في الانفراج للخارج مسببة تحرك أطرف الروافع المفصلية لداخل عند نقطة اتصالها مع العمود المنزلق ما يؤدي إلى تحريك ذراع التنظيم قليلا للخارج ساحبا معه الجريدة المسننة للخلف (شكل 3 11).



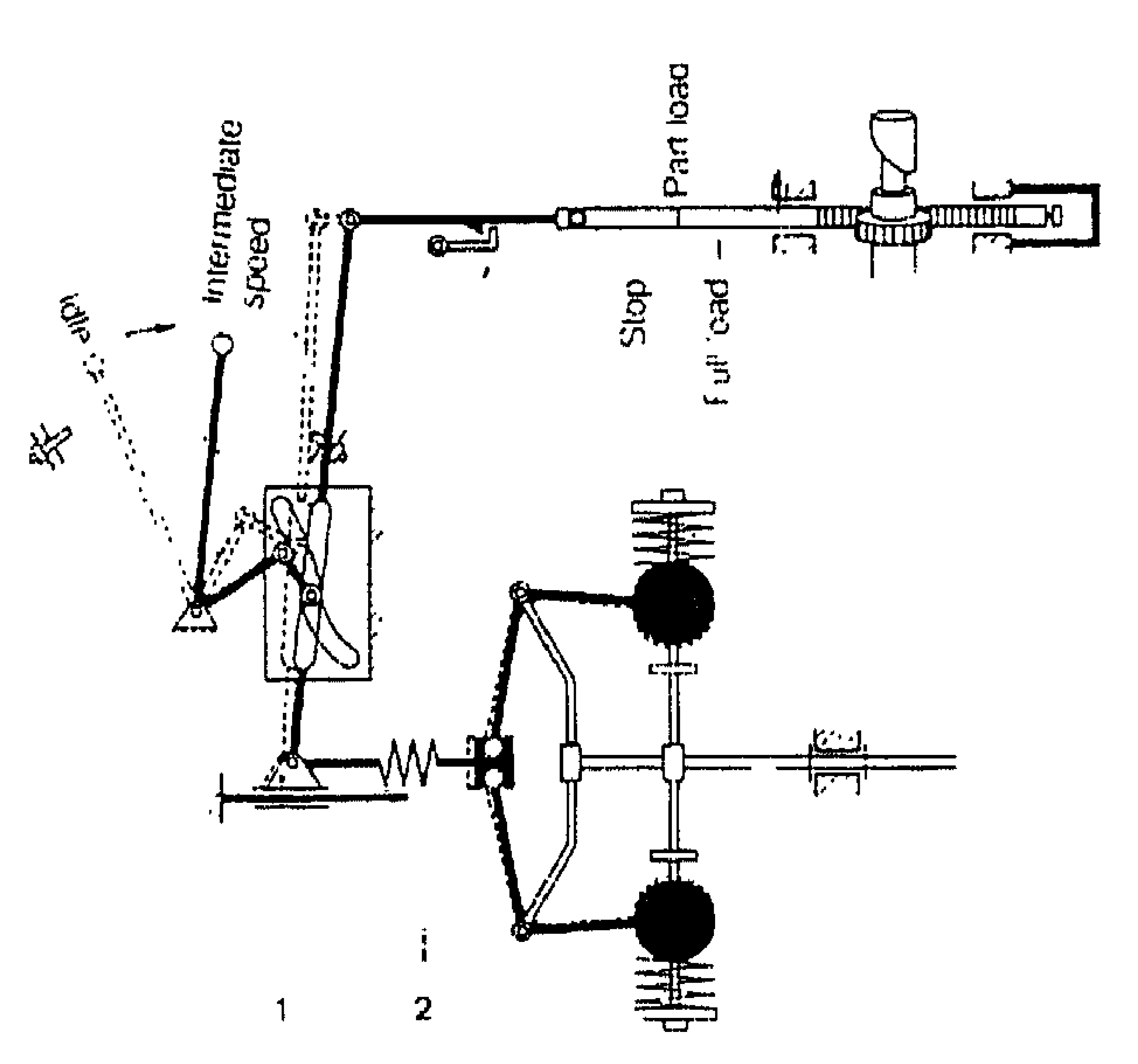
شكل (3-10): -وضع بدء الإدارة Starting engine



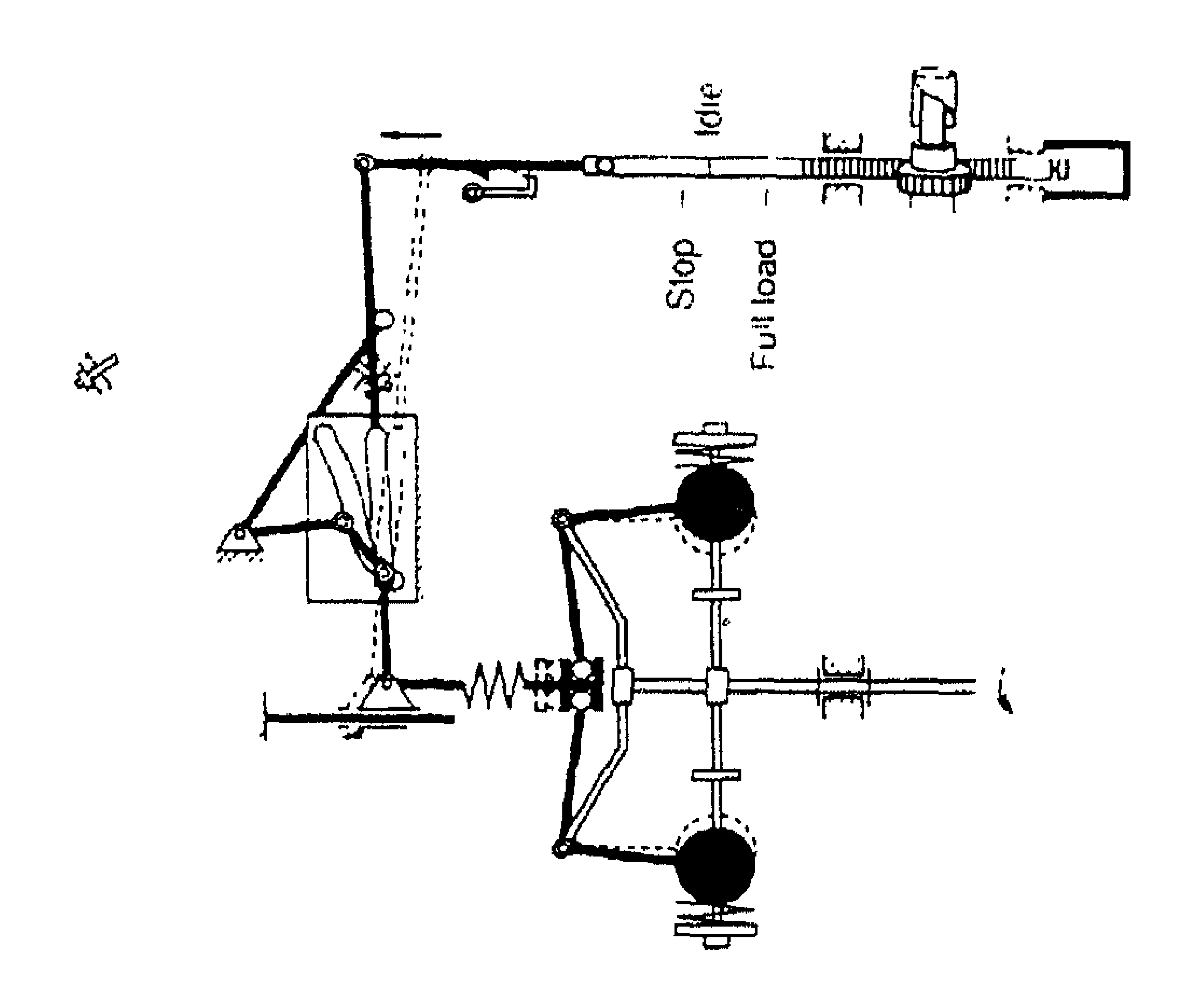
شكل (3-11): وضع اللاحمل Idle Setting

- **وضـع الحمـل الجزئـي Part Load Setting** : عنـدما يضغط السائق على بـدال الوقود حسب مقتضيات الحمل و عنـد زيـادة السرعة أو انخفاضها فان كتـل الطـرد تتحـرك للـداخل عنـد انخفـاض السـرعة و للخـارج عنـد زيـادة السـرعة و بالتـالي تتحرك الروافع المفصلية تجاه الـداخل او الخـارج لتسحب ذراع التنظيم و بالتـالي يتغير وضع الجريدة بما يتناسب مع السرعة وشكل (3-12) يوضح الحمل الجزئي .

- **التنظيم عنـد أقصى حمل و سرعة Full load regulation**: عنـد زيادة السرعة إلى أقصى سرعة تتحرك الجريدة حتى تتوقف بفعل مصد أقصى سرعة و لكن تكتسب كتل الطرد انفراج كبير يـؤدي إلى انفـراج كـبير يـؤدي إلى سحب ذراع التنظيم الـذي يعود بالجريـدة للخلف كما لـو كـان المحـرك في وضـع اللاحمـل . وفي هـذه الوضـع قـد تكون المركبة هي التي تقود المحرك حيث تزداد السرعة جدا عن السرعة عنـد وضـع أقصـى سـرعة علـى الطريـق الأفقـي ، أي زادت السـرعة بسـبب حركـة السيارة علـى منحدر مثلا و هنا و بسبب زيادة السرعة قد تعود الجريدة لوضـع الإيقـاف للمحـرك أو على الأقل وضع اللاحمل . ويوضح شكل (3 -13) وضع أقصى سرعة.



الشكل (3-12): وضع الحمل الجزئي Part Load Setting



شكل (3-13): التنظيم عند أقصى حمل و سرعة Full load regulation

وهناك نوع أخر للمنظم سرعات متغيرة بنفس تركيب المنظم السابق والاختلاف الأساسي هو في تنظيم العزم ، الذى يؤدي إلى تقليل الكمية المسلمة من الوقود إذا استمرت سرعة المحرك في التزايد عند الحمل الكامل. والية تنظيم العزم تتكون من قلاب Rocker يركب في نهاية ذراع المنظم governor lever والذي يتتبع دليل القلاب (مسار منحني) حتى مصد الحمل الكامل ، و هذا المسار المنحني للقلاب يتم حسابه بدقة بحيث يلبي حاجة المحرك من الوقود ، أما القضيب الواصل بين القلاب و بين الجريدة المسننة فينقل حركة القلاب إلى الجريدة المسننة . أما مصد الحمل الكامل فيمكن تغيير وضعه عن طريق تحريكه طوليا ثم يثبت.

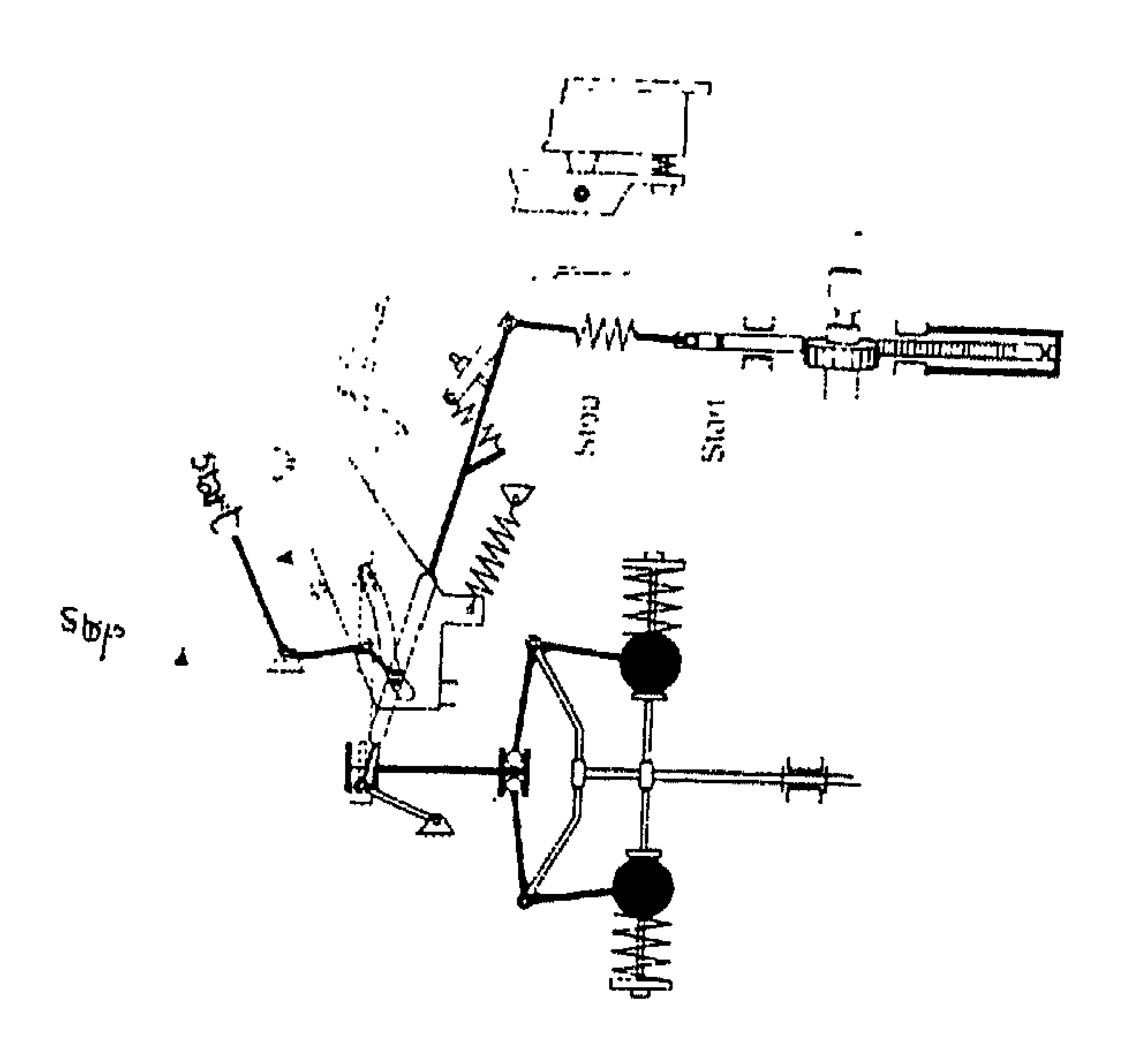
- **وضع بدء الإدارة :** يحتاج بدء الإدارة إلى خليط غني ولذلك يقوم السائق بالضغط على البدال لآخر مشواره و يصبح وضع القلاب تحت مصد الحمل الكامل و تتحرك الجريدة المسننة حتى تعمل آخر المشوار حيث يوجد مصد تحديد كمية بدء الإدارة شكل (3-14) .

-**وضع اللاحمل Idle :** بمجرد إدارة المحرك تزداد السرعة و تبدأ كتل لطرد في الانفراج للخارج قليلا و يقل مشوار البدال للخلف و تعود معه الجريدة المسننة و يدور المحرك عند وضع الاحمل حيث قلت الكمية المسلمة بسبب عودة الجريدة للخلف شكل (3-15).

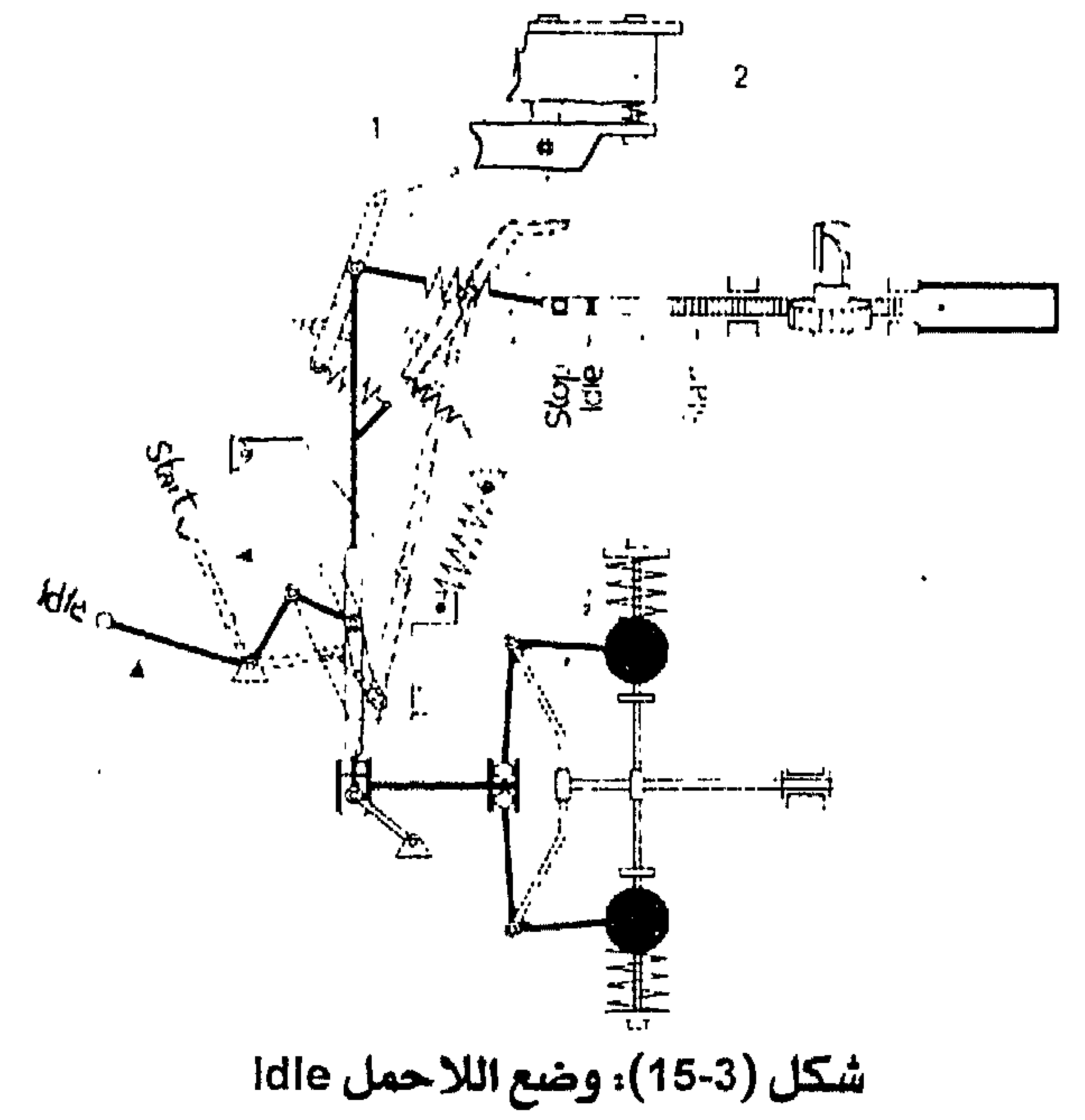
وضع الحمل الكامل مع سرعة منخفضة : عند تحريك ذراع التحكم المتصل ببدال الوقود لحظيا إثناء العمل على الاحمل ليصل إلى وضع أقصى سرعة فان الكتلة المنزلقة داخل ذراع المنظ م سوف تتحرك لأسفل و يتبع البنز المتصل بها التشكيل الموجود على اللوح(5) كما في الشكل (3-16) و ينتج عن ذلك تحرك ذراع التنظيم(3) لليمين حول نقطة ارتكازه عند المنزلق (8)و ينتج عن ذلك تحريك الجريدة المسننة في اتجاه الحمل الكامل و تزداد الدمية المسلمة و تزداد سرعة المحرك، و عند زيادة السرعة تتحرك كتل الطرد للخارج و تتحرك الجلبة(7) للداخل و يؤد ي ذلك إلى دفع اللوح ذو التجو ، (كامة 5) إلى الارتفاع قليلا عن موضعه حتى يرتكز القلاب على مصد الحمل الكامل.

- **وضع الحمل الكامل مع سرعة متوسطة :** مع استمرار الزيادة في السرعة تتحرك كتل الطرد أكثر للخارج و يؤدي ذلك إلى انزلاق القلاب على حافة دليل القلاب وعندما يستقر طرف القلاب داخل تجويف دليل الد 'ب يتغير اتجاه الحركة للقلب حيث يؤدي ذلك إلى دفع القضيب الواصل بين القلاب و الجريدة إلى الحركة للداخل ويعمل على زيادة الوقود عند هذه السرعة مما يعني زيادة العزم المتاح.

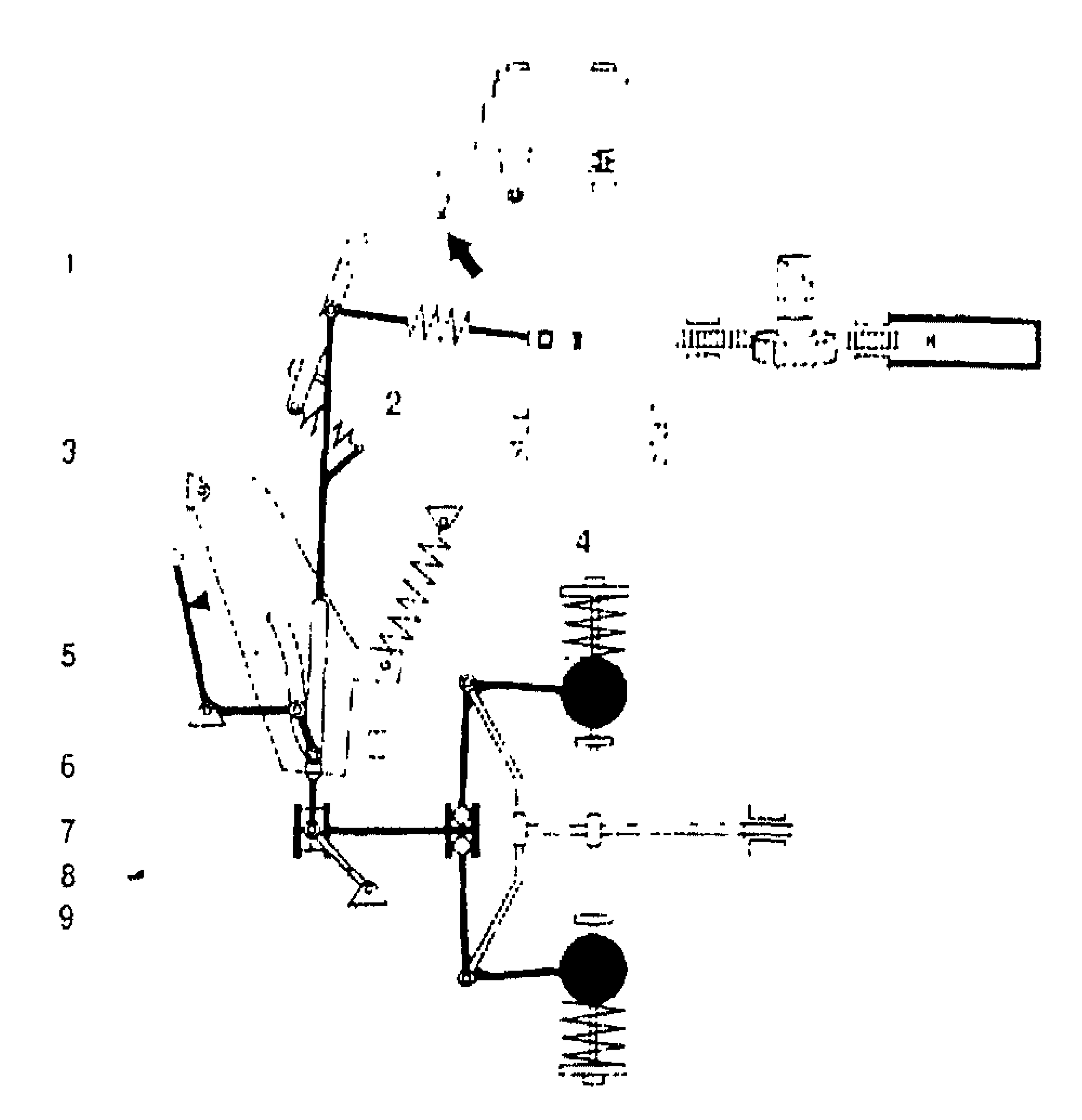
-**وضع السرعة القصوى :** عند زيادة السرعة إلى أقصى حد نتيجة لحركة السيارة في منحدر يؤدي ذلك إلى زيادة في حركة الكتل إلى الخارج مما يؤدي إلى عودة اللوح ذو التشكيل إلى الارتكاز على جسم المضخة مرة أخرى و تتحرك النهاية العليا لذراع المنظم تجاه اليسار لتسحب الجريدة المسننة في اتجاه قطع الوقود shutoff



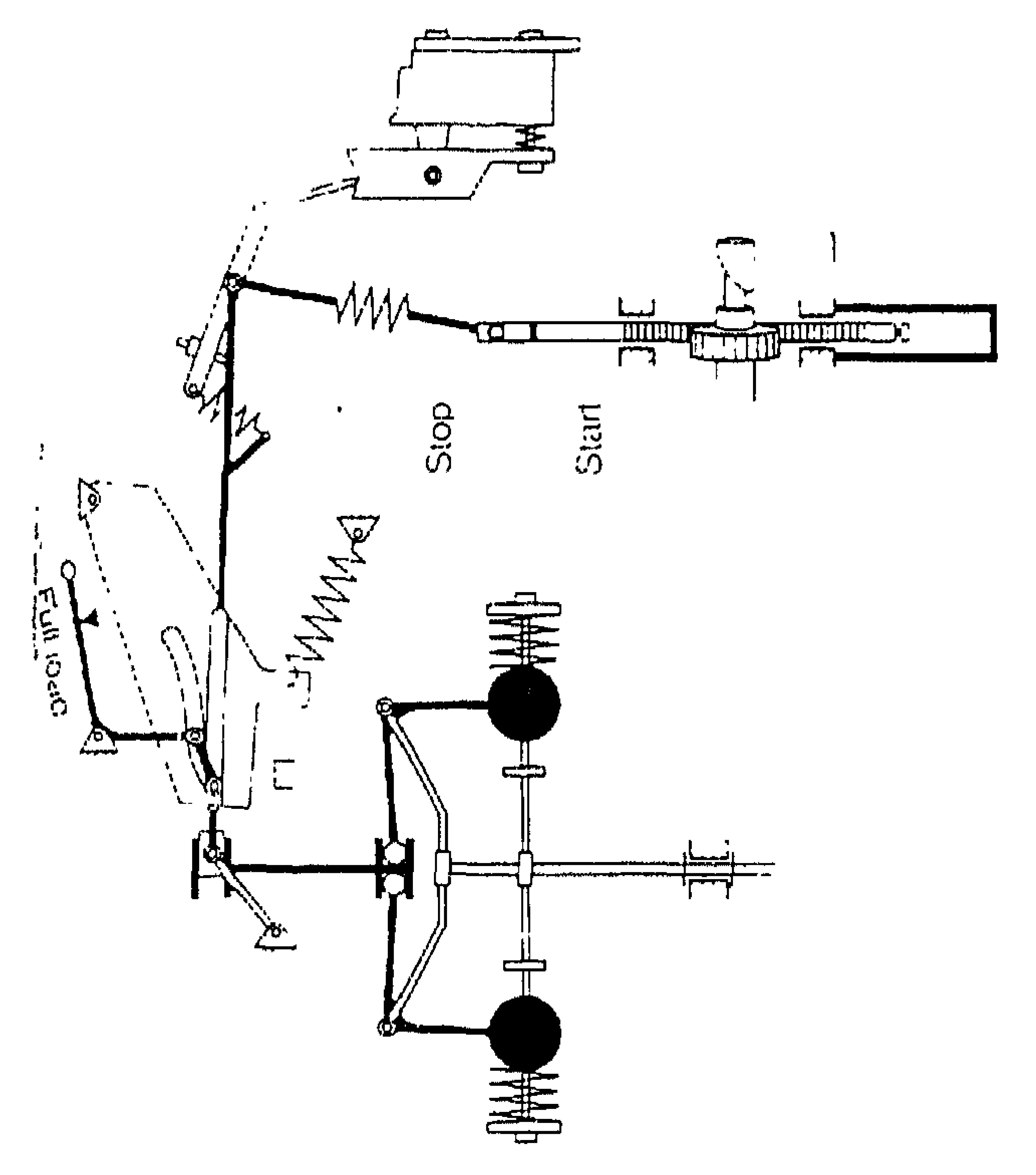
شكل (3-14)؛ وضع بدء الادارة



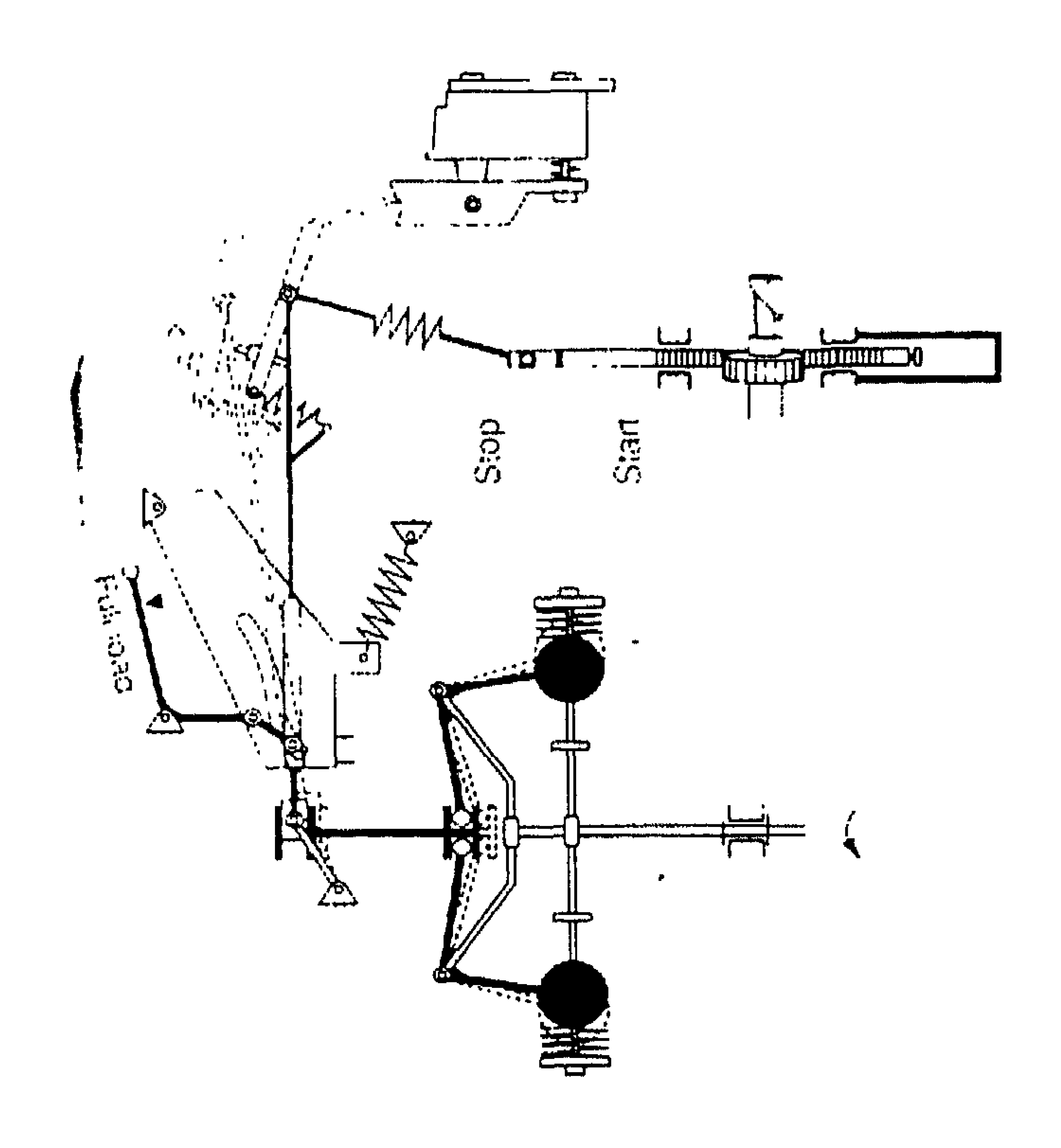
شكل (3-15)؛ وضع اللاحمل Idle



شكل (3-16): وضع الحمل الكامل مع سرعة منخفضة



شكل (3-17): وضع الحمل الكامل مع سرعة متوسطة



شكل (3-18): وضع السرعة القصوى

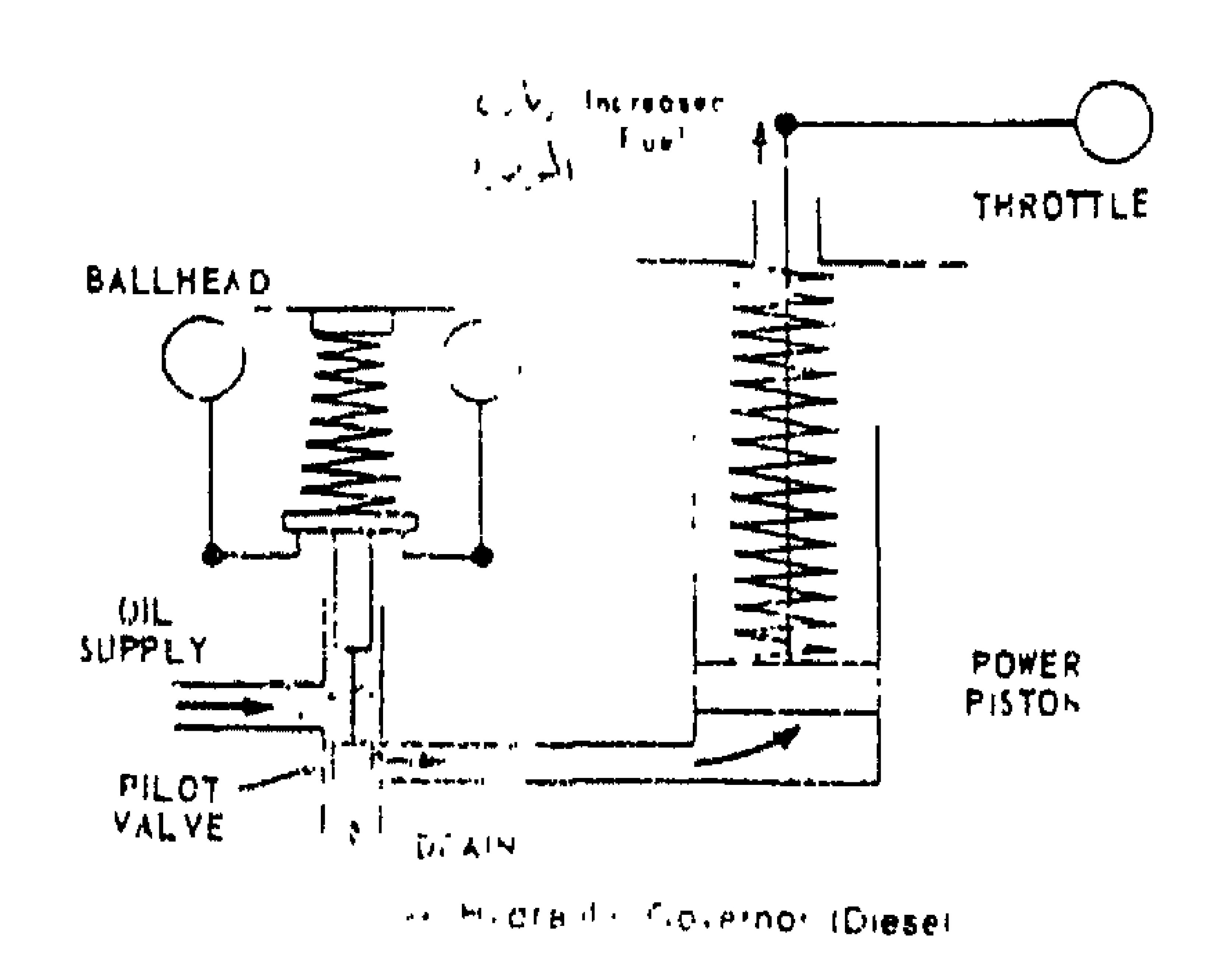
ثانيا:المنظم الهيدروليكي (Hydraulic Governor)

في المنظم الهيدروليكي لا تنتقل الحركة مباشرة من ساق الضغط إلى روافع صمام المعايرة وإنما يكون ذلك عن طريق صمام يتحكم في ضغط سائل مضغوط. وهذا السائل يؤثر بدوره على غاطس متصل بصمام معايرة الوقود. وفى هذا النوع من المنظمات لا يكون المصدر المباشر للقدرة التي تحرك صمام المعايرة هو أداة قياس (الأثقال والزنبركات) وإنما يكون مصدرها المباشر هو مكبس ذو قوة هيدروليكية يؤثر عليه زيت مضغوط صادر من مضخة خاصة.

وباستعمال مكبس متناسب الأبعا . وزيت مضغوط ضغطا مناسب يمكن جعل قوة المنظم (طاقة تشغيله) كافيه لتشغيل روافع معايرة الوقود في المحركات بأضخم أنواعها.

وفى هذا النوع تتصل أعضاء قياس السرعة بصمام أسطواني صغير يسمى صمام التوزيع أو التحكم، وهذا الصمام ينزلق الى أعلى أوالى أسفل داخل جلبه تحتوى على فتحات خاصة توجد على جدار الأسطوانة وبذلك يمكن التحكم في تدفق الزيت من المضخة وإليها. والقوه اللازمة لانزلاق صمام التوزيع تكون صغيره جدا مما يترتب عليه قدرة أثقال المنظم على ضبط تدفق الزيت المضغوط

يوضح شكل (3-19) رسما تخطيطيا لمنظم هيدروليكى بسيط ويلاحظ فيه أن أرتفاع قاعدة صمام التحكم مساويا لاتساع فتحات الأسطوانة تماما. فعندما يدور المنظم بالسرعة المضبوطة تكون قاعدة الصمام غالقه فتحة مرور الزيت الى المكبس الهيدروليكى، وعلى ذلك يقف سريان الزيت. أما إذا قلت سرعة المنظم نتيجة لزيادة حمل المحرك لتحركت الأثقال الى الداخل وتحرك صمام التحكم الى أسفل كاشفا بذلك فتحة مرور الزيت فيتحرك الزيت من المضخة الى أسطوانة المكبس الهيدروليكي الذى يبدأ فى السريان ويحرك المكبس الى أعلى فيحدث زيادة فى تدفق الوقود الى المحرك



شكل (3-19): رسما تخطيطيا لمنظم هيدروليكى بسيط

وفى حالة زيادة سرعة المنظم نتيجة لانخفاض حمل المحرك تتحرك أثقال المنظم الى الخارج وينزلق صمام التحكم الى أعلى عاملا على فتح فتحة التنظيم للسماح للزيت بالانصراف من أسفل المكبس الى غرفه خاصة فينزلق المكبس الهيدروليكى الى أسفل بتأثير دفع الياى، وعلى ذلك يقل تدفق الوقود الى المحرك.

بالرغم من أن المنظمات الهيدروليكية معقدة التركيب وتحتوى على أجزاء كثيرة، كما أنها غالية الثمن عن المنظمات الميكانيكية فأنها تستعمل لمزاياها الآتية:

(1) أكثر حساسية .

(2) يتطلب قدره كبيرة لتحريك أجهزة معايرة الوقود.

(3) يمكن صناعتها بحيث تحافظ على سرعة ثابتة للمحرك عند جميع الأحمال.

عيوب المنظم الهيدروليكى البسيط عيوب خطيرة تؤدى الى عدم استعماله عمليا وذلك لشدة حساسيته وعدم ثباته فهو دائم الحركة. والسبب فى عدم الثبات هو طول الفترة بين لحظة تأثير المنظم ولحظة استجابة المحرك لهذا التغيير. فالمحرك لا يمكن أن يعود فى الحال الى السرعة التى يعمل المنظم على ثباتها. وبناء على ذلك فلو قلت سرعة المحرك عن السرعة التى يعمل النظم على ضبطها فأن صمام التحكم يعمل على تحريك مكبس القدرة الهيدروليكية للعمل على زيادة الوقود وبمضى الوقت تزيد السرعة الى الحد الذى ضبط عليه وضع المنظم وبذلك يعود صمام التحكم الى الوضع المناسب (الوضع المتوسط)، وتتوقف حركة المكبس الهيدروليكى بعدما تكون كمية الوقود قد زادت كثيرا وسرعة المحرك قد أخذت فى الازدياد.

هذه السرعة الزائدة تعمل على فتح صمام التوزيع فى الاتجاه الآخر لتقليل الوقود. ولكنه بمضى الوقت تهبط سرعة المحرك الى الحد الصحيح بعد ما تكون كمية الوقود قد قلت كثيرا وسرعة المحرك تكون قد أخذت فى النقصان. وتتكرر هذه العملية باستمرار. وبناء على ذلك يجب أن يزود المنظم بوسائل تعمل على ثباته حتى يؤدى وظيفته بكفاية تامة وذلك بإضافة وسيلة إعاقة للسرعة كما هو موضح فيما بعد.

المنظم الهيدروليكى ذو الانحراف الدائم فى السرعة

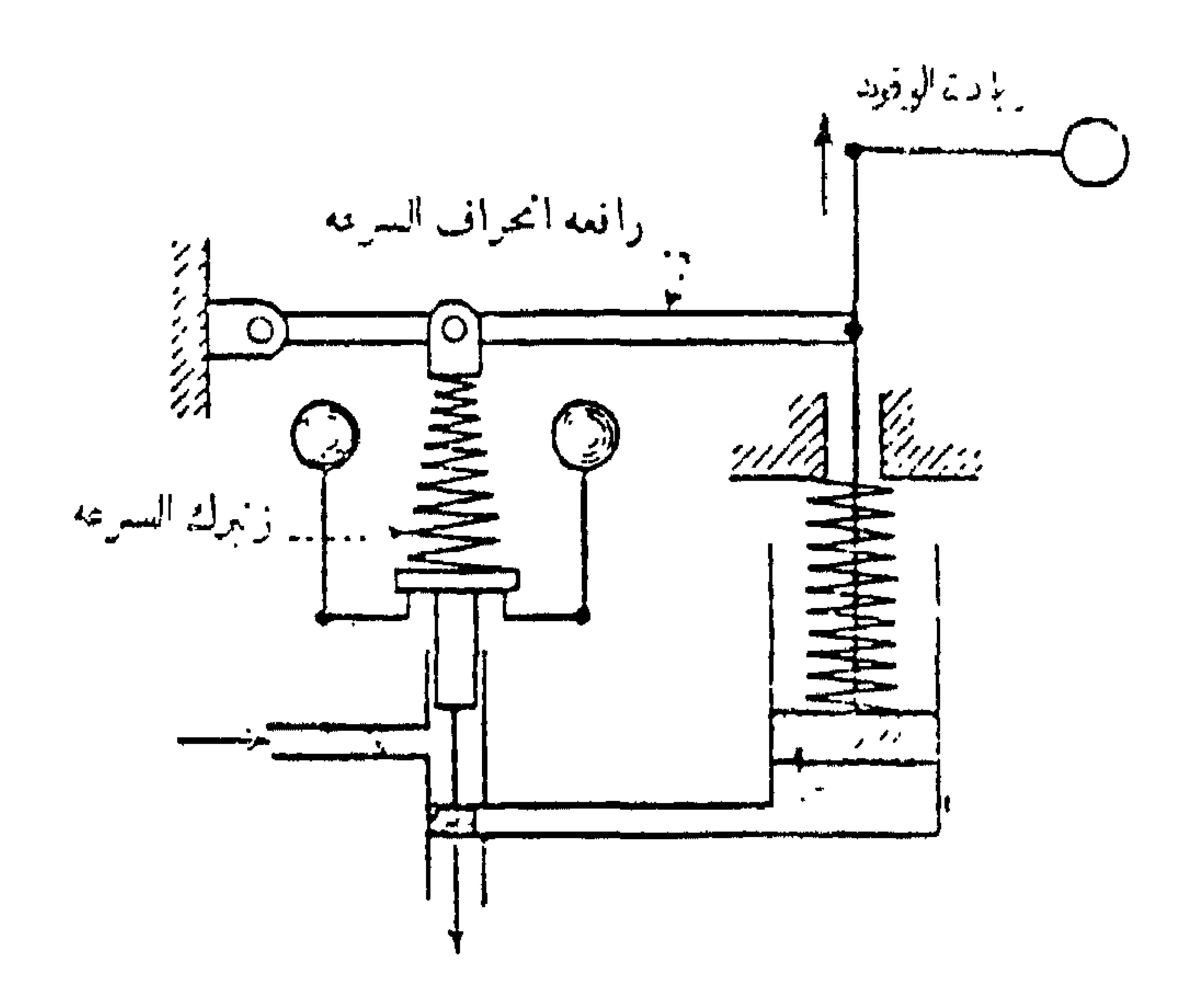
لثبات المنظم وعدم جعله شديد الحساسية، تصنع معظم المنظمات الهيدروليكية بحيث تحتوى على انحراف فى السرعة بقصد تثبيت وضع أعضاء المعايرة عند كل سرعة معينه كما فى شكل (3-20) حيث أن هناك رافعه تصل مكبس القدرة الهيدروليكية بالياى للمنظم وعلى ذلك، فعندما يزيد الوقود يقل ضغط زنبرك السرعة بتأثير حركة الرافعة الى أعلى ويساعد ذلك على عودة الأثقال الى الوضع الرأسى بسرعه.

وقد سبق أن أوضحنا أن تخفيف قوة الياى يعمل على تخفيض سرعة المحرك كما أن زيادة قوة الياى تعمل على زيادة سرعة المحرك ولزيادة إيضاح عمل رافعه انحراف السرعة يبين شكل (3-21) تفاصيل منظم ذى انحراف دائم، وفيه صمام التحكم على هيئة مكبس ومتصل بنهاية ذراع السرعة وينزلق داخل جلبه مثقوب بها فتحات تتحكم فى سريان الزيت.

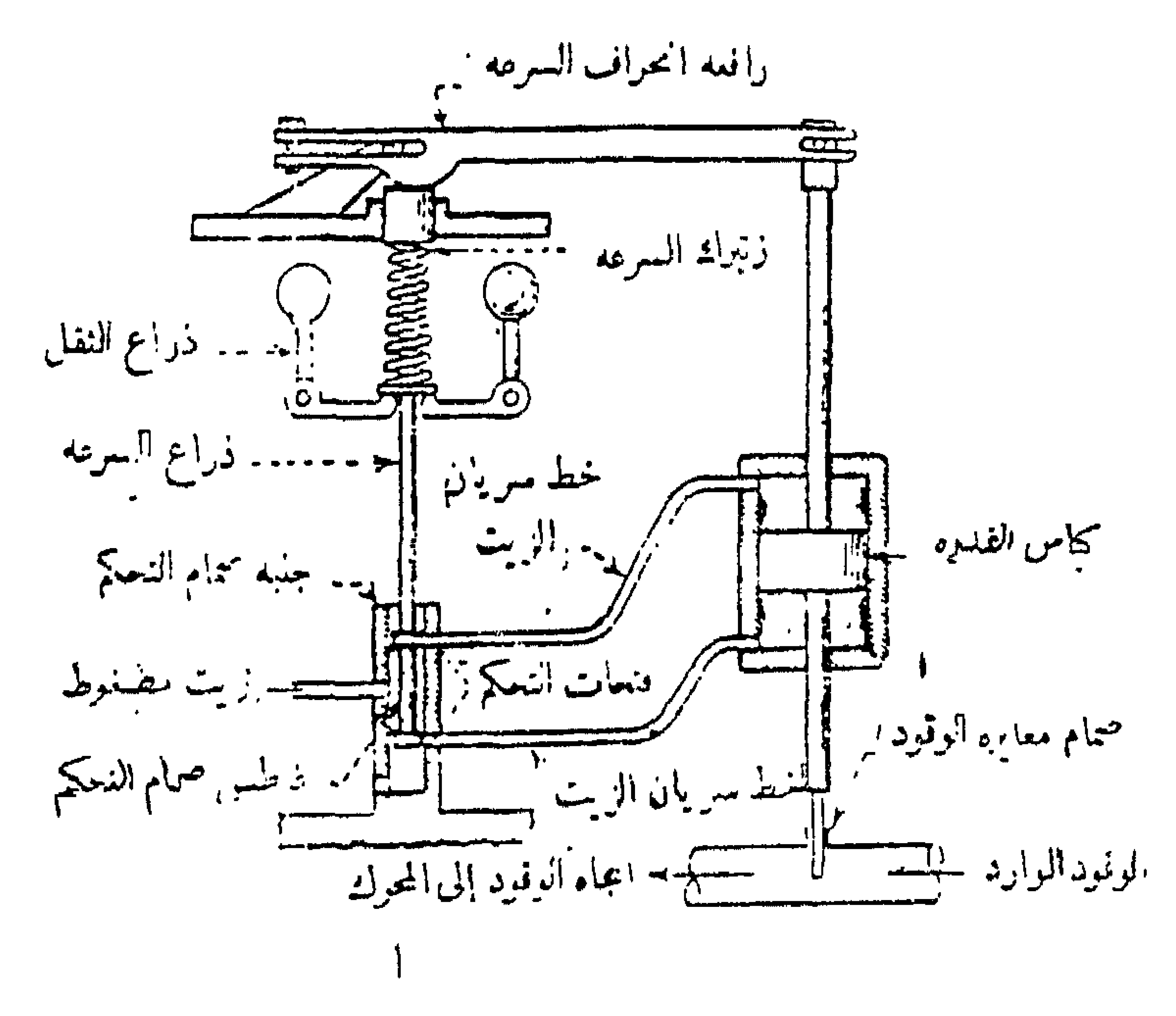
تتصل هذه الفتحات بكلا طرفى أسطوانة مكبس القدرة الهيدروليكية. ويلاحظ أن فتحات تدفق الزيت تكون مغلقه عندما تكون أذرع الأثقال فى وضع رأسى، فالمحرك يكون دائرى عند السرعة والعمل المطلوب. أما المنظم فيكون تأثيره كالآتى:

أولا : فى حالة زيادة الحمل (شكل 3 -22):

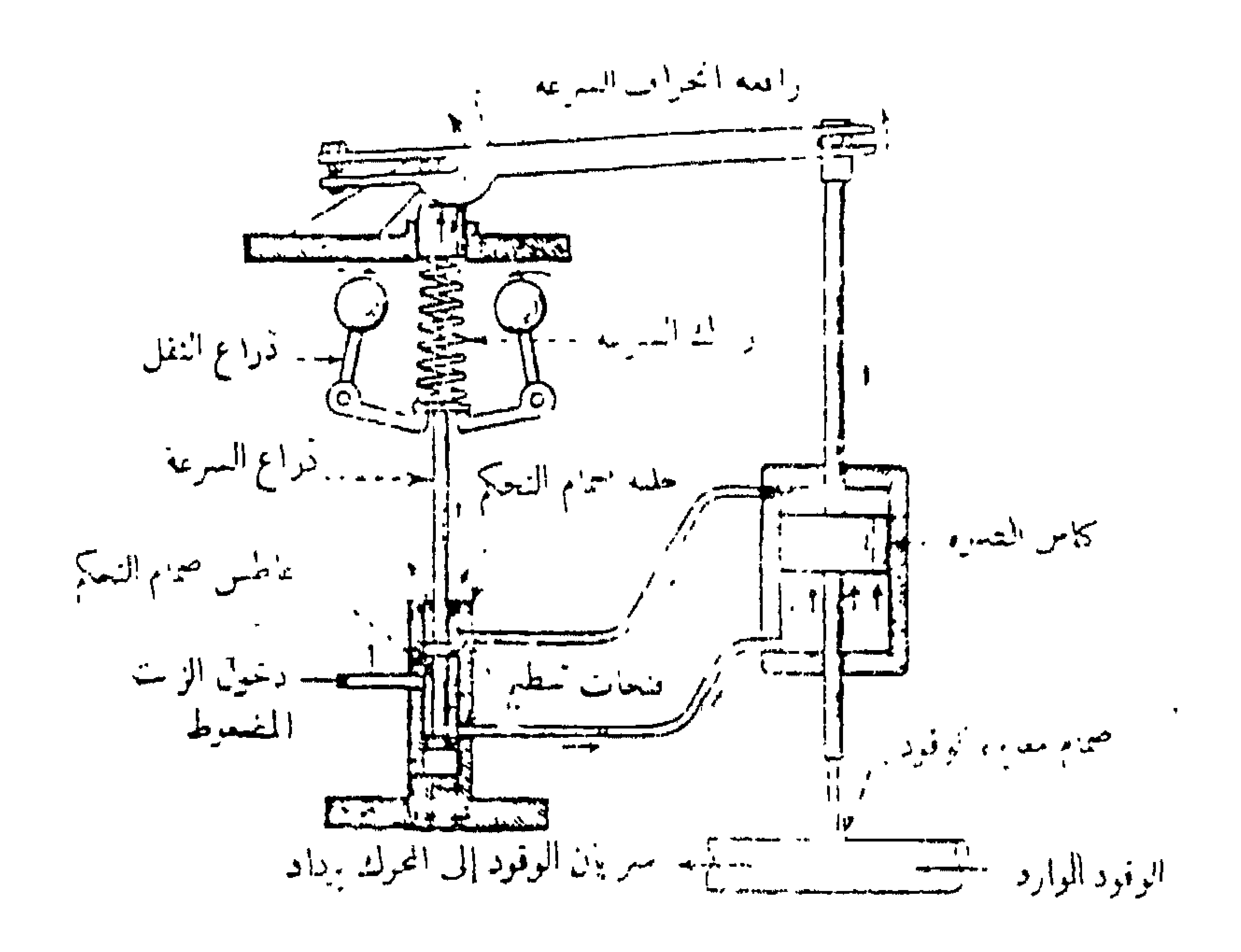
عند زيادة الحمل على المحرك تقل سرعته. بينما تقل سرعة المحرك تتحرك أذرع الأثقال نحو الداخل، وينزلق تبعا لذلك صمام التحكم الى أسفل. تعمل حركة صمام التحكم الى أسفل على كشف الفتحات ويتدفق الزيت المضغوط من خلال الفتحة السفلى الى الجانب السفلى للمكبس الهيدروليكى عاملا على رفعه الى أعلى.



شكل (3-20): نظرية عمل المنظم الهيدروليكى ذو الانحراف الدائم فى السرعة



شكل (3-21) : رسم تخطيطى للمنظم الهيدروليكى ذو الانحراف الدائم فى السرعة



شكل (3-22) : تأثير زيادة الحمل على المنظم الهيدروليكى ذو رافعة انحراف السرعة

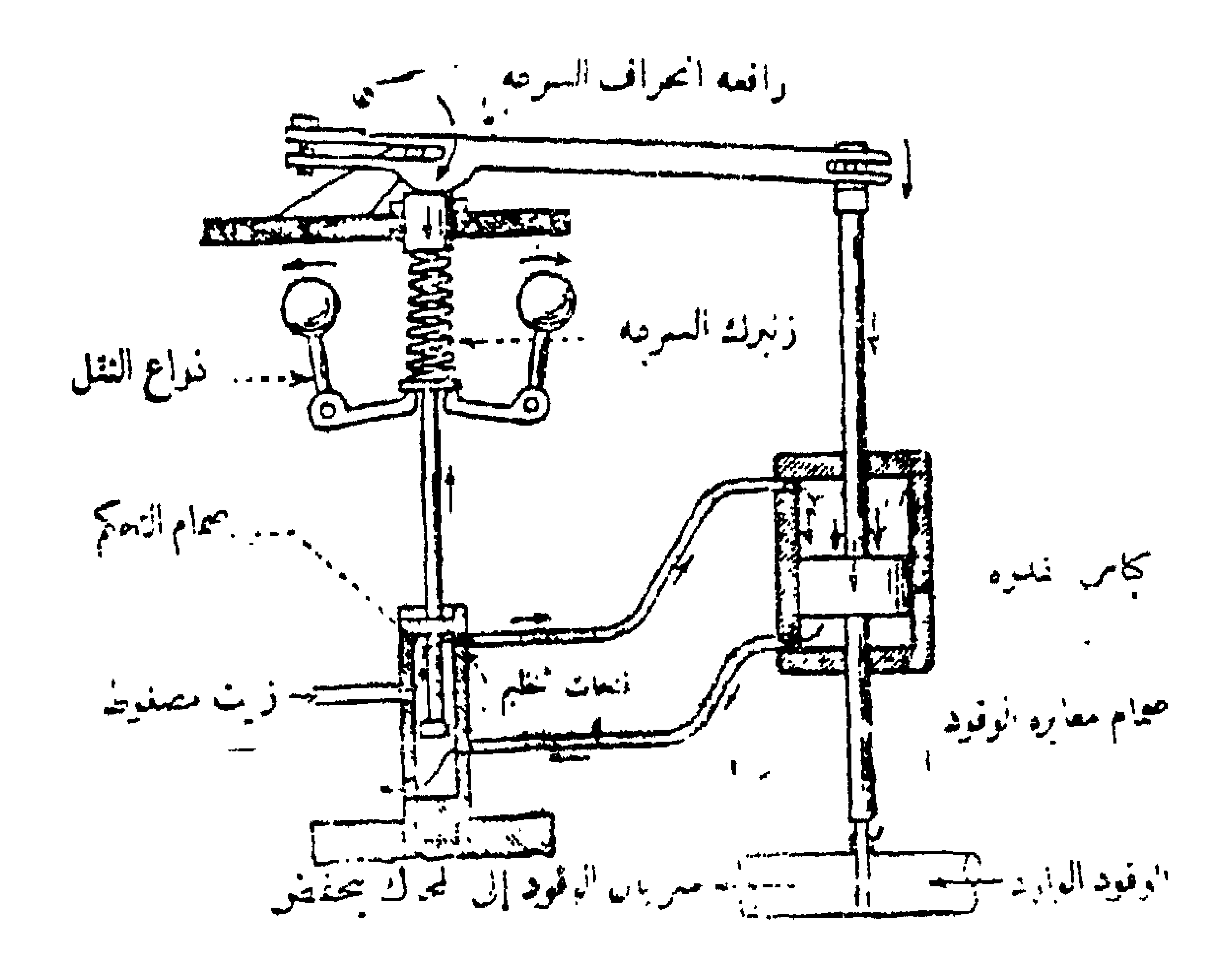
فيزداد الوقود الوارد للمحرك. أما الزيت بأعلى المكبس فينصرف الى الخزان عن طريق الفتحة العلوية. عند تحرك مكبس القدرة الى أعلى يدفع رافعة انحراف السرعة الى أعلى وتقل بذلك قوة الياى. تقليل قوة الياى يسمح لأذرع الأثقال بالحركة الى الخارج وبذلك يرتفع صمام التحكم ويأخذ فى غلق الفتحات ويترتب على ذلك أن تقل حركة مكبس القدرة فى الاتجاه الى أعلى. عندما يصل وضع ذراعى الثقلين الى الوضع الرأسى يكون صمام التحكم قد أغلق الفتحات تتوقف حركة مكبس القدرة فى الاتجاه العلوى تماما. حيث أن قوة الياى تقل أثناء زيادة الوقود أو زيادة الحمل فيترتب على ذلك أن يصل الى موضع التوازن بتأثير قوى أقل للأثقال.

الحمل فيترتب على ذلك أن يصل الى موضع التوازن بتأثير قوى أقل للأثقال أى سرعة أقل للمحرك. ويسمى مقدار انخفاض سرعة المحرك عن سرعته الثابتة نتيجة لزيادة الحمل بانحراف السرعة. ويلاحظ مما سبق أن رافعة انحراف السرعة تعمل على الحد من زيادة تدفق الوقود الى المحرك وإيقاف تأرجح المنظم وذلك بالعمل على إيقاف حركة المكبس الهيدروليكى قبل أن يكون المحرك قد أسترد سرعته التى كان يدور عندها قبل زيادة الحمل.

ثانيا : فى حالة انخفاض الحمل، (شكل 3-23)

عندما يقل الحمل على المحرك تزيد سرعته. وعندما تزيد سرعة المحرك يتحرك ذراعا الثقلين الى الخارج ويرتفع تبعا لذلك صمام التحكم الى أعلى. ارتفاع صمام التحكم الى أعلى يؤدى الى كشف الفتحات ويتدفق الزيت الضغط من خلال الفتحة العليا الى الجهة العليا للمكبس الهيدروليكي دافعا إياه الى أسفل للعمل على خفض كمية الوقود، أما الزيت الذى بالجهة السفلى للمكبس فينصرف الى خزان الزيت من خلال الفتحة السفلى. وعندما يتحرك المكبس الهيدروليكى الى أسفل يجذب رافعة انحراف السرعة الى أسفل فتزيد بذلك قوة الياى. وزيادة قوة الياى تعمل على رفع ذراعى الثقلين الى الداخل ويتحرك بذلك صمام التحكم الى أسفل ويأخذ فى غلق الفتحات مما يؤدى الى تخفيض حركة المكبس الهيدروليكى فى الاتجاه الأسفل و عندما يصل وضع ذراع الثقلين الى الوضع الرأسى يكون صمام التوزيع قد أغلق فتحتى الزيت وبذلك يقف المكبس عن الحركة. وحيث أن قوة الياى تزداد أثناء انخفاض الحمل أو نقص كمية الوقود مما يتطلب قوه أكبر للأثقال ولا يتأتى هذا إلا بزيادة سرعة المحرك حتى تتوازن مع قوة الياى. ويسمى مقدار زيادة سرعة المحرك عن سرعته القانونية نتيجة لانخفاض الحمل بانحراف السرعة.

ويلاحظ مما سبق أن رافعة انحراف السرعة تعمل على إيقاف حركة مكبس الهيدروليكي قبل ما يكون المحرك قد أستعاد سرعته السابقة أو بمعنى آخر تعمل على الحد من ازدياد النقص فى تدفق الوقود الى المحرك وهذا يؤدى بدوره الى إيقاف تأرجح المنظم.



شكل (3-23) : تأثير انخفاض الحمل على المنظم الهيدروليكى ذو رافعة انحراف السرعة

مزايا المنظمات الهيدروليكية ذات الانحراف الدائم فى السرعة:

1 - منخفضة الثمن نسبيا.

2 - دقيقه وحساسة فى العمل مما يساعدها على جودة تنظيم سرعة المحرك بجوده لا بأس بها.

3 - بسيطة فى تركيبها لقلة أجزائها.

4 - أكثر قدره من المنظمات الميكانيكية التى تتساوى معها فى الأبعاد.

أما عيوبه فهى:

1 - لا تؤدى الى ثبات سرعة المحرك تماما فى جميع درجات الحمل.

2 - أجهزة انحراف السرعة غير سهلة الضبط نظرا لوجودها داخل المنظم.

المنظم الهيدروليكى ذو السرعة الثابتة:

لما كان المنظم ذات الانحراف الدائم فى السرعة لا يمكنه تثبيت سرعة المحرك عند سرعة واحده إذا أختلف درجة تحميله نظرا لاحتوائه على انحراف دائم فى السرعة بقصد منع التأرجح، يوجد نوع آخر من المنظمات الهيدروليكية تعمل على تثبيت سرعة المحرك عند سرعة واحده عند جميع الأحمال المختلفة كما يمنع التأرجح فى نفس الوقت وهو ذو انحراف مؤقت فى السرعة يعمل على أتزان عمل المنظم أثناء تصحيح كمية الوقود بحيث يزول هذا الانحراف تدريجيا أثناء استجابة المحرك لهذا التصحيح واسترجاعه لسرعته الأصلية، وبهذا تتم هذه المنظمات عمليا طبقا للخطوتين الأساسيتين:

1- السماح بانحراف مؤقت فى السرعة عند معايرة الوقود.

2 -التخلص من هذا الانحراف أثناء استجابة المحرك للتغير فى معدل الوقود واسترجاعه لسرعته الأصلية.

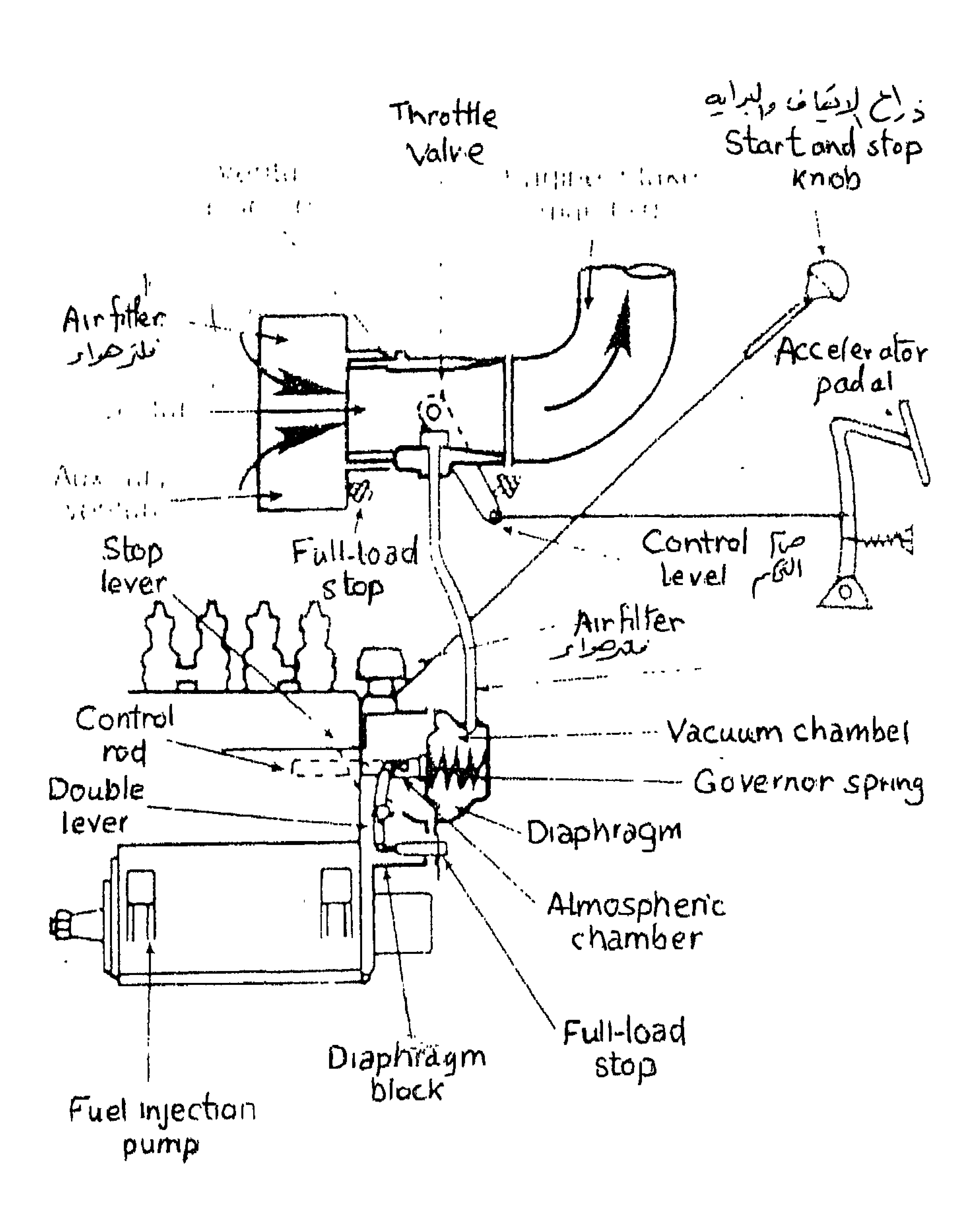
ثالثاً: المنظم التفريغي (التخلخلي) Pneumatic Governor

لا يحتوي هذا المنظم على كتل طرد و لا يدار بواسطة المحرك كما في المنظم الميكانيكي، و لكنه يعمل بواسطة التغير في الضغط في مجمع السحب، وهو يستخدم على الحركات الخفيفة والمحركات السريعة مثل سيارات ركوب الأشخاص وسيارات النقل الخفيفة و الجرارات الزراعية ولا يستعمل هذا النوع في المحركات ذات الشحن الزائد (الشحن الجبري). ويوضح شكل (3 - 4 2) التركيب العام للمنظم التخلخلي واتصاله مع مجمع السحب.

نظرية عمل المنظم التخلخلي :-

عند مرور الهواء خلال فلتر الهواء Air filter ينساب خلال أنبوبة ذو منطقة اختناق Venture حيث يتسبب هذا الاختناق في انخفاض الضغط في أنبوب السحب، و يتوقف مقدار الانخفاض في الضغط على سرعة الهواء أثناء سريانه في منطقة

الاختناق، كما يوجد صمام اختناق Throttle Valve عند مدخل مجمع السحب Intake manifold يتحكم في كمية الهواء المسحوب.



شكل (3-24): التركيب العام للمنظم التخلخلي و اتصاله مع مجمع السحب

و يتكون الجزء الرئيسي للمنظم من غلاف مثبت على جسم المضخة و يحتوي على نابض governor spring و رادخ مرن Diagram حيث يقسم الرادخ الغلاف إلى غرفتين أحدهما تتعرض للضغط الجوي و تسمى غرفة الضغط الجوي Atmospheric chamber و الأخرى تتعرض لضغط مجمع السحب المنخفض من خلال خرطوم connection house ويتصل الرداخ مع الجريدة المسننة control rod. وعند مرور الهواء فى مجمع السحب ونتيجة لانخفاض الضغط فى جانب الضغط المنخفض للمنظم يدفع الياى القوى الرداخ المرن ومعه الجريدة المسننة الى وضع يتوقف على قيمة التخلخل فى مجمع السحب.

1 - وضع بدء التشغيل :

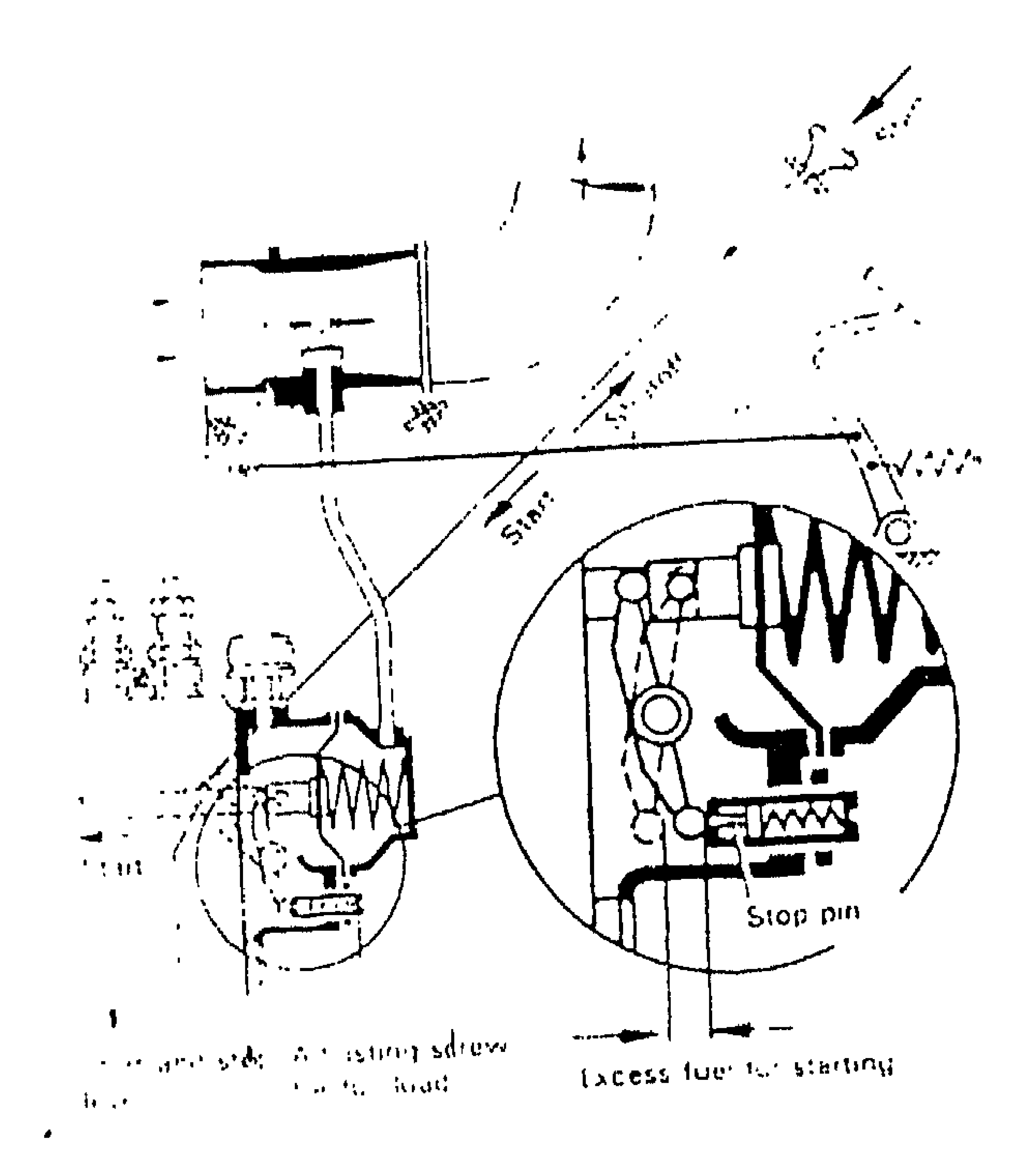
عند الضغط على بدال الوقود ومن قبله رافعة البدء والإيقاف start and stop knob الى وضع البدء تكون قيمة الأنخفاض ضئيلة جداً وبالتالى لاتؤثر هذه القيمة على محصلة الضغط الناتج على جانب الرداخ ويدفع الياى الرداخ والجريدة المسننة الى وضع الحمل الكامل full load fuel حيث يحتاج المحرك لخليط غنى عند البدء ويوضح شكل(3– 25) وضع بد التشغيل.

2- وضع اللاحمل idle load:

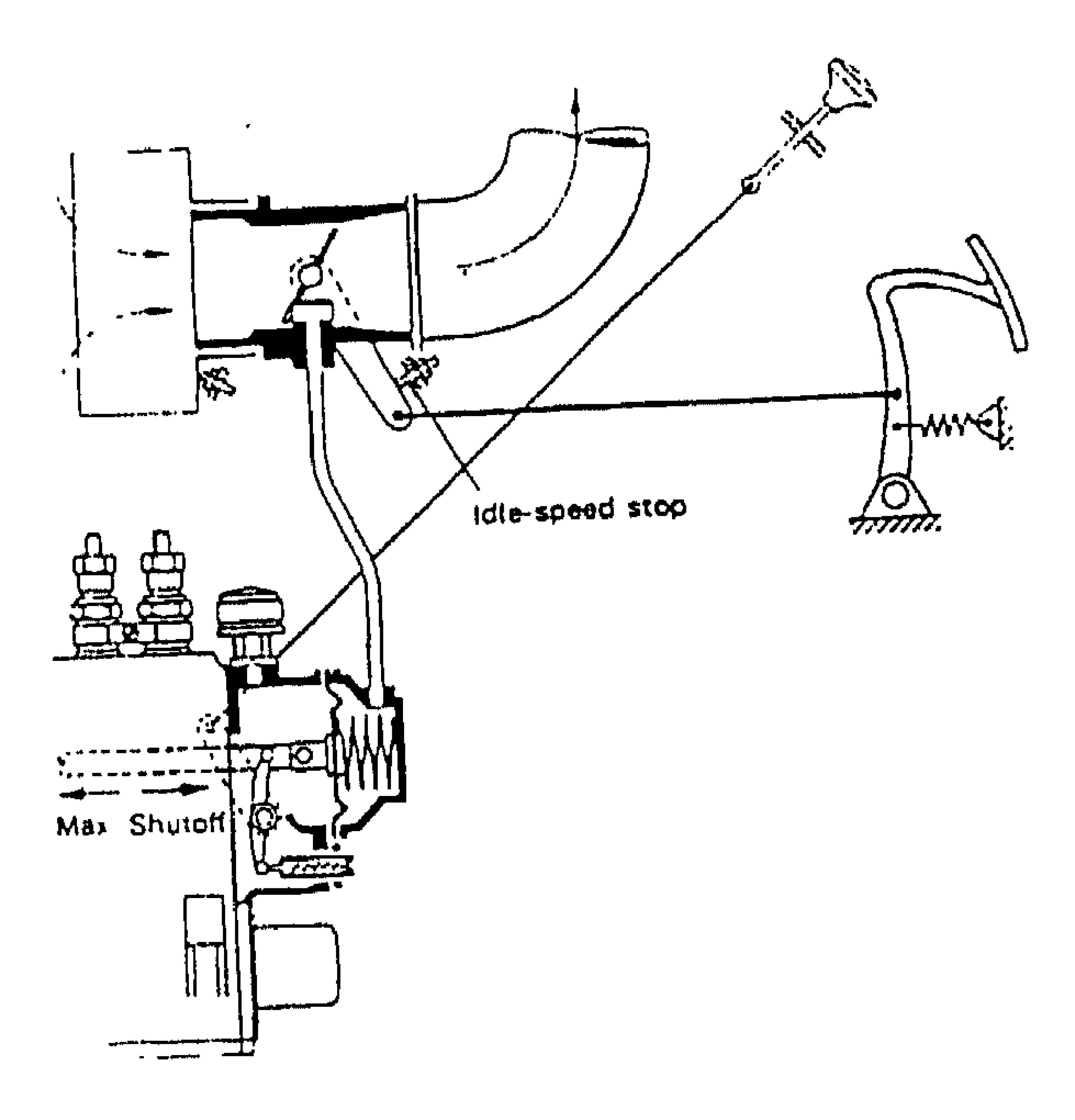
بعد دوران المحرك يدفع الضغط من على بدال الوقود ويعود صمام الخانق الى وضع اللاحمل ويستقر ذراع تشغيل الصمام على مصد سرعة اللاحمل idle – speed stop وتزداد قيمة الانخفاض فى الضغط فى مجمع السحب حيث تعمل هذه القيمة على عودة الجريدة المسننة ضد قوة الياى وتأخذ وضع اللاحمل وتقل كمية الوقود المسلمة كما يوضح شكل (3- 26).

3 - وضع سرعة الحمل الكامل :

عندما يراد زيادة سرعة المحرك يتم الضغط على بدال الوقود فيفتح صمام الاختناق و بالتالي تقل قيمة التخلخل داخل مجمع السحب فيقوي النابض على دفع الرادخ و الجريدة المسننة في اتجاه الحمل الكامل و تستمر زيادة السرعة



شكل (3-25): وضع بدء التشغيل

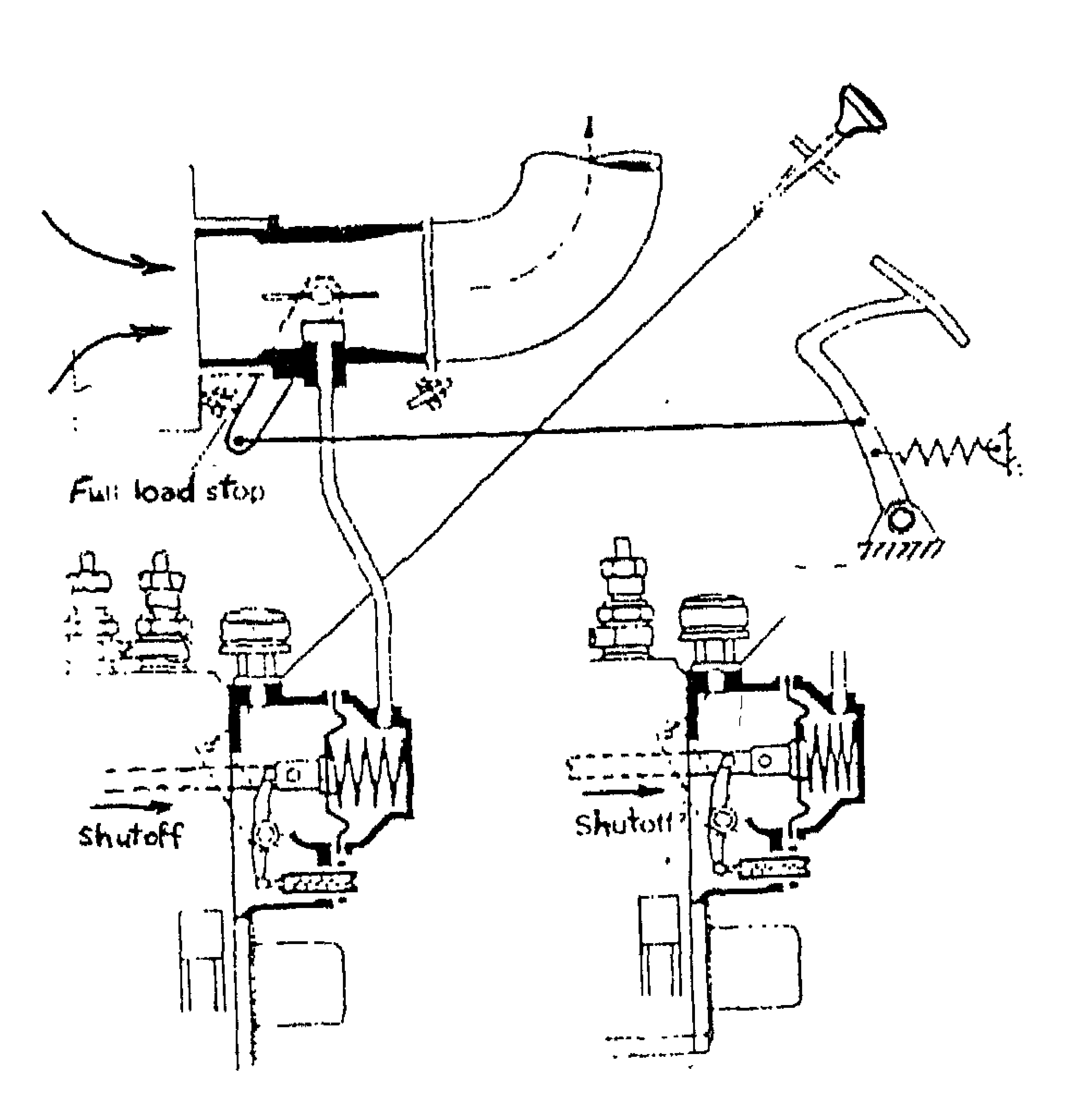


شكل (3-26): وضع اللاحمل idle load

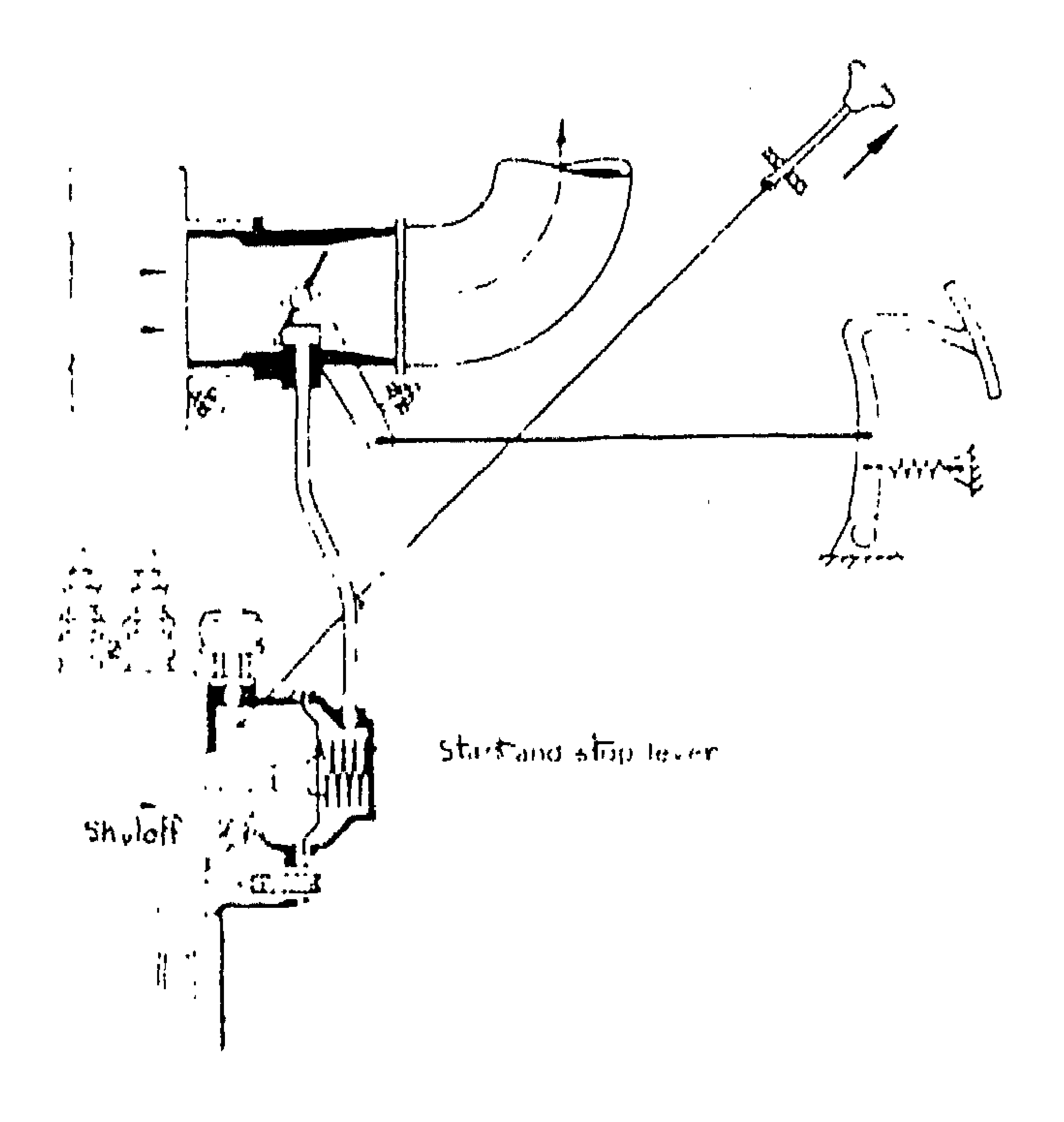
حتى تصل إلى أقصى سرعة و يتسبب ذلك في زيادة التخلخل داخل المجمع نظرا لتعاقب أشواط السحب و بسرعة قصوى فيؤدي ذلك إلى سحب الرادخ ضد ضغط النابض ساحبا معه الجريدة المسننة في اتجاه تقليل كمية الوقود و بالتالي تقليل السرعة و الشكل (3-27) يبين هذا الوضع.

4 - وضع الإيقاف Shutoff:

عند إيقاف المحرك تسحب رافعة البدء و الإيقاف للخارج كما يوضح شكل (3-28) مما يؤدي إلى سحب الجريدة المسننة للخلف حتى تجعل التجويف الحلزوني لكباسات المضخة أمام فتحات خروج الوقود و بالتالي لا يتم تسليم وقود إلى المحرك و يتوقف.



شكل (3-27): وضع سرعة الحمل الكامل

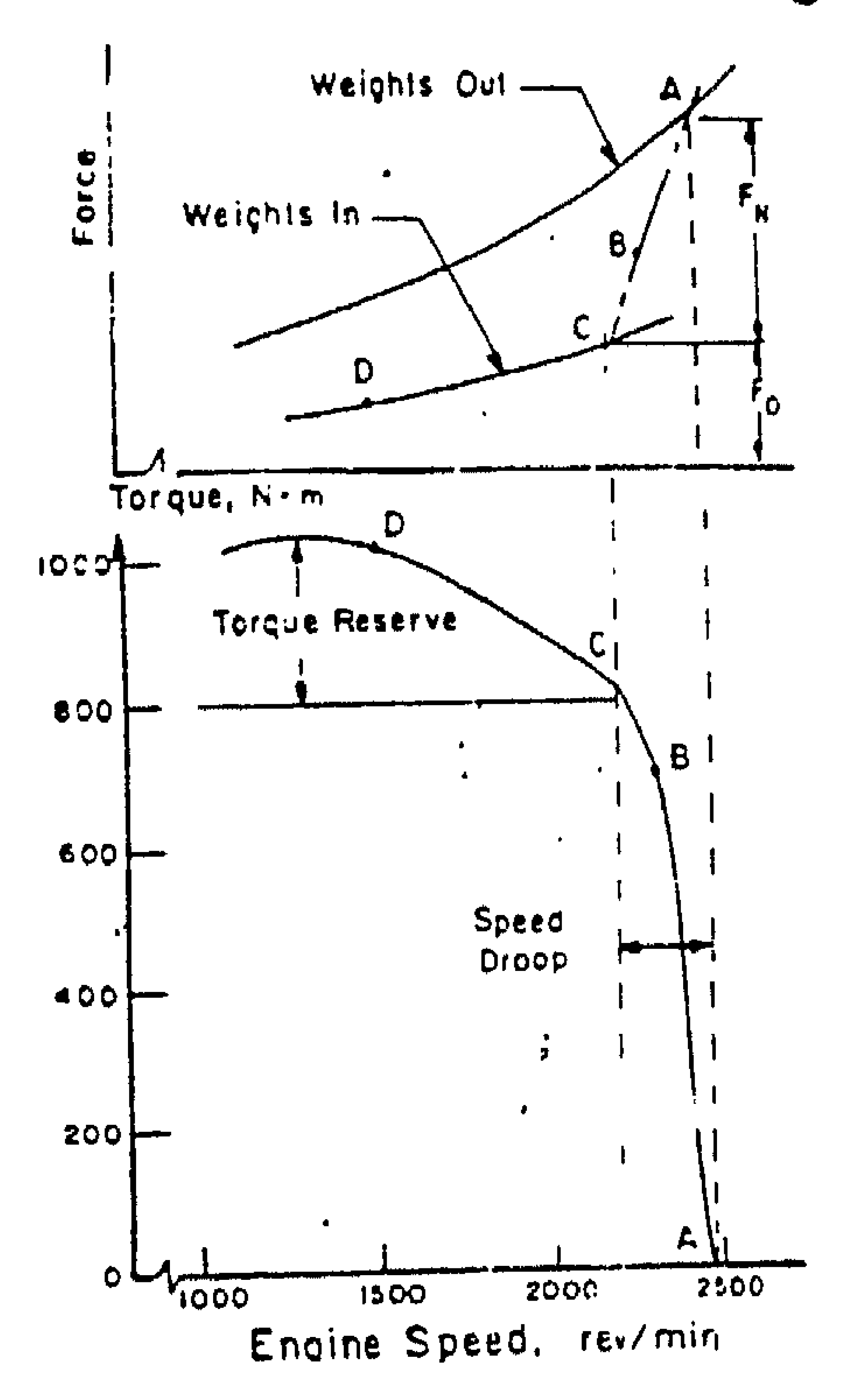


شكل (3-26): وضع وضع الإيقاف Shutoff

تأثير الحاكم على منحنى سرعة وعزم المحرك

يوضح شكل (3-29) منحنيات كحالات التحديد عندما تكون الأثقال في الداخل (نصف قطر المسار أصغر ما يمكن)، وأيضاً عندما تكون الأثقال في الخارج نصف قطر المسار أكبر ما يمكن. ويستطيع المنظم (الحاكم) العمل بين هذين المنحنيين فقط. فإذا كان المحرك بدون حاكم وكان يعمل بدون حمل فسرعان ما تصبح السرعة زائدة أكثر من اللازم. وأما إذا كان المحرك متحكم فيه (يحتوى على حاكم) سوف تميل الأثقال المتحركة إلى الخارج حتى نهايتها مما يقلل من توصيل الوقود إلى مستوى يكفى فقط لمقاومة احتكاك المحرك. ويعمل المحرك عند النقطة A في شكل (3-29)، وتسمى نقطة A نقطة اللاحمل العالية، لأن السرعة تكون عالية والمحرك غير محمل وبزيادة تطبيق حمل العزم على المحرك تتحرك أثقال الحركة للداخل، فيزيد مشوار مضخة حقن الوقود لتزويد المحرك بالوقود اللازم

لإعطاء ذلك العزم، وعند النقطة (C) تكون الأثقال المتحركة في أقصى وضع للداخل ولا تستطيع تحريك أذرعة الحاكم، أو زيادة مشوار مضخة الحقن أكثر من ذلك، لذلك تسمى النقطة C الحد الأقصى للحاكم. وبزيادة العزم تبدأ السرعة بالانخفاض سريعاً بسبب عدم قدرة الحاكم على زيادة توصيل الوقود بكل دوره عند النقاط الواقعة على يسار النقطة (C) يتم التحكم بالسرعة فقط بواسطة حمل العزم الواقع على المحرك. ولهذا يكون المحرك واقعاً تحت تأثير التحكم بالحاكم في النقاط الواقعة بين (A)، (C) ويكون واقعاً تحت تأثير التحكم بالحمل في النقاط الواقعة يسار النقطة C. الزيادة في العزم تكون متاحة في مدى التحكم بواسطة الحمل بسبب انحسار عزم الاحتكاك مع السرعة، وبسبب أن مضخات الحقن تكتسب كفاءة ضخ إلى حد ما كلما نقصت السرعة.



شكل (3-29): تأثير تشغيل الحاكم على العلاقة بين سرعة وعزم المحرك

الباب الرابع

جهــازى السحب والعادم

فى المحركات

Chapter (4)

Engines Intake and

Exhaust Systems

الباب الرابع Chapter (4)

جهازى السحب والعادم فى المحركات

(Engine Intake and Exhaust Systems)

جهازى السحب والعادم هما جهازى التنفس للمحرك. فالسحب يدخل مخلوط الهواء والوقود أذا كان المحرك من النوع البنزين او هواء فقط إذا كان ديزل. أما جهاز العادم فأنه يقوم بطرد الغازات الناتجة من عملية الاشتعال خارج الأسطوانة. ويوضح شكل (4-1) مكونات جهازى السحب والعادم.

أولاً: جهاز السحب (Intake System)

جهاز السحب يمد المحرك بهواء نقى وبالكمية المطلوبة لعملية الاشتعال. ويتكون أساسا من الأجزاء الآتية:

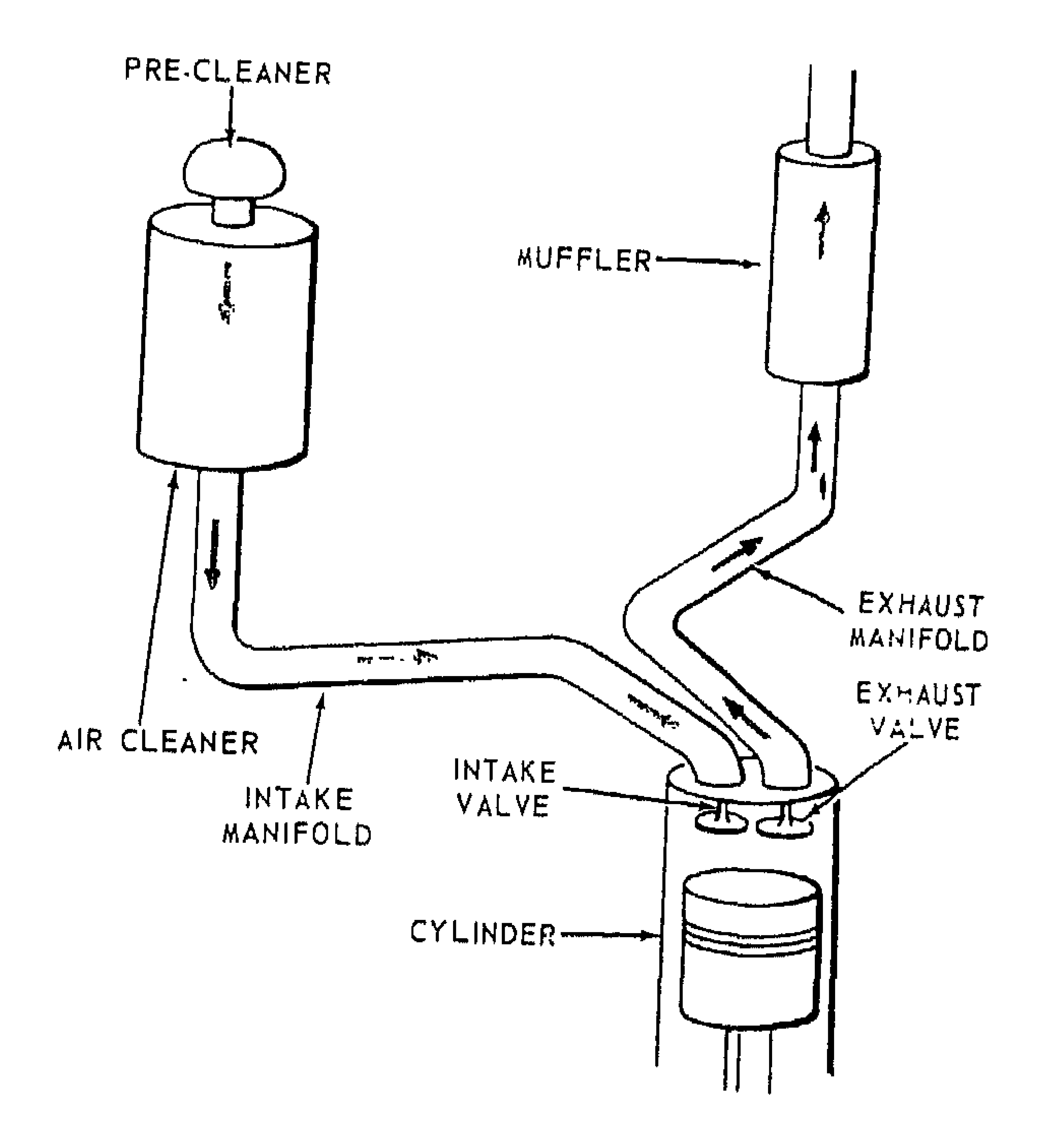
1-فلاتر الهواء Air Cleaner

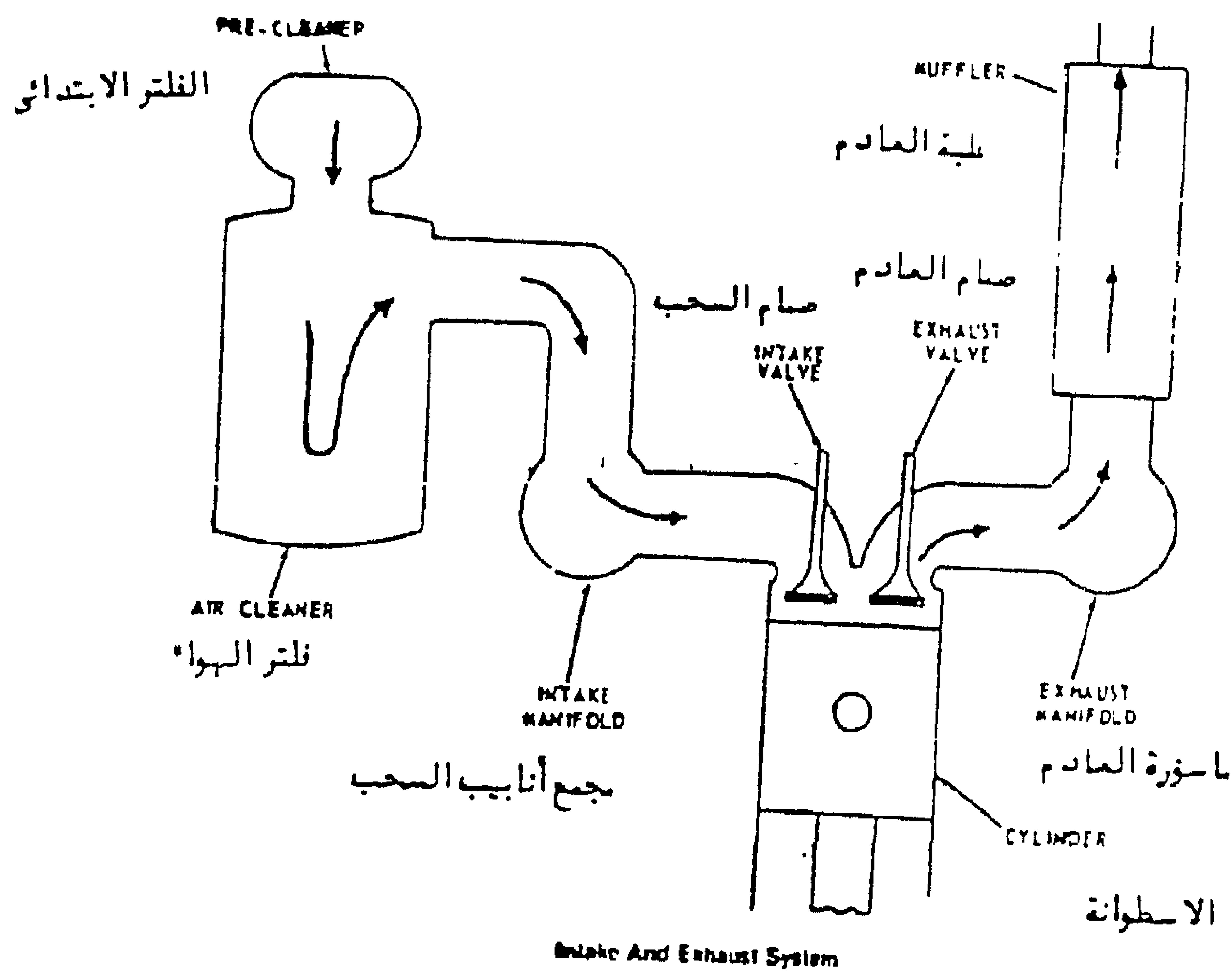
2- أنابيب السحب Intake Manifold

3- صمامات السحب Intake Valves

أهمية تنقية الهواء الداخلى إلى المحرك (Air Cleaner)

يلزم للمحرك كميه من الهواء لحرق الوقود سواء فى محركات البنزين (9 m^3 air/ liter fuel) أو محركات الديزل (60 m^3 air/ liter fuel). هذا الهواء يحتوى على كمية كبيرة من القاذورات والرمال والأتربة. وعند دخول هذه الشوائب إلى المحرك تختلط مع زيت التزييت الموجود داخل المحرك ويكون أثره على سطح الاسطوانات والأجزاء المتحركة، مما يؤدى إلى تآكل وخدش الأسطح الداخلية للمحرك. لذلك يجب تنقية الهواء الداخل إلى المحرك من معظم الأتربة التى يحملها بواسطة فلتر أو مرشح هواء قبل إدخاله إلى المحرك.





شكل (4-1): جهازى السحب والعادم

ومن الجدير بالذكر هنا أن نسبة الأتربة فى الهواء تكون كبيرة بالقرب من الأرض وتقل كلما زاد البعد عنها. لذلك تركب ماسورة سحب الهواء فى أعلى موضوع ممكن. وعموما يمكن اعتبار أن نسبة الأتربة فى الهواء(1 إلى 2.5 gr/m^3) وتتكون هذه الأتربة أساسا من أدق جسيمات الكوارتز والسيليكا وأنعمها، وتكون شديدة الحك عند أختلاطهما بالزيت. ومن ثم يتلف المحرك بعد وقت قصير من تشغيله اذا لم يشمل على فلتر للهواء لذلك يجب تركيب فلاتر هواء شديدة الفعالية فى مدخل الهواء المسحوب بغرض التقليل(إلى أدنى حد ممكن) من التآكل فى جدران الأسطوانات والمكابس والشنابر والمجموعة المرفقية.

فى أغلب أنواع المركبات يكون لفلتر الهواء مدخلان أحدهما يسمح بدخول الهواء البارد فى الصيف والآخر يسمح بدخول الهواء الساخن (الملامس للمحرك) فى الشتاء، وفى بعض المحركات الحديثة يتم يكون التغير بين الموضعين أتوماتيكيا ولا يشعر به السائق وقد يتم يدوياً وفى هذه الحالة يجب على قائد المركبة تغيير وضع مدخل فلتر الهواء عند بداية كل من الشتاء والصيف. فدخول الهواء الساخن فى الشتاء يساعد على سرعة تسخين المحرك ووصوله إلى درجة حرارة التشغيل ويساعد على الاحتراق الكامل للوقود مما يوفر فى استهلاك الوقود.

ووظيفة مرشح الهواء هى فصل جزئيات الغبار من الهواء الممتص قبل دخوله إلى المحرك كما انه يعمل فى نفس الوقت على تخفيض الضوضاء الناتجة عن سحب الهواء. قد يتكون جهاز تنقية الهواء فى المحرك من فلتر أو أكثر كما فى محركات الجرارات والمعدات الثقيلة يستخدم فلترين على الأقل.

الشروط الواجب توافرها فى فلتر الهواء:

1- أن يكون بدرجة عالية فى فصل جميع الجسيمات والمواد الغريبة فى الهواء الممتص.

2- أن يكون مدة صلاحية استعماله كبيرة أى يجب أن تكون الفترات الزمنية لاستبدال عنصر الترشيح أو تنظيفه طولياً نسبياً.

3- بسيط فى صيانته.

4- إعاقة سريان الهواء ضئيلة.

5- له القدرة على خفض الضوضاء الناتجة من عملية سحب الهواء.

أنواع فلاتر (مرشحات) الهواء (Type of Air Cleaners)

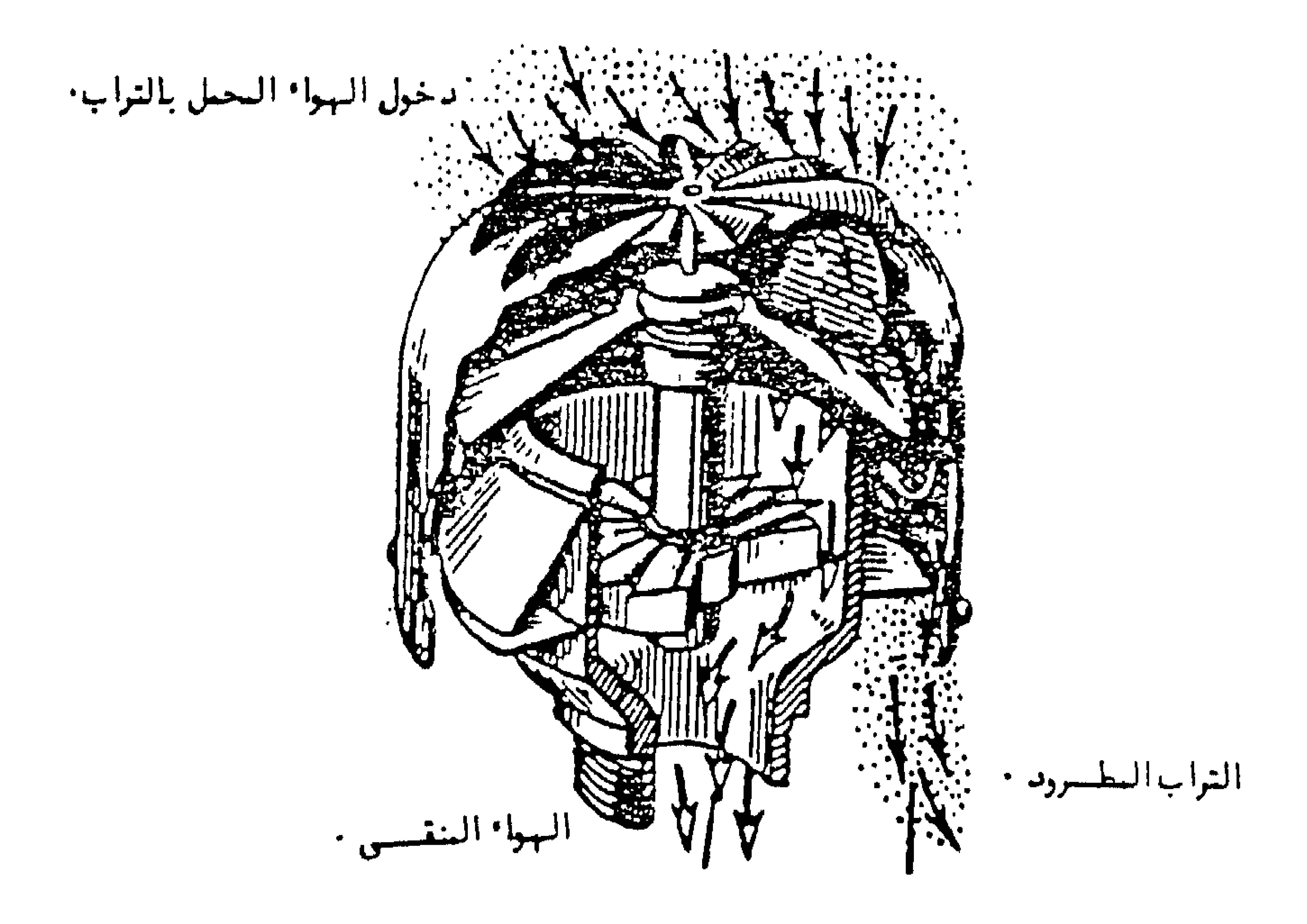
أ- مرشحات الهواء الابتدائية (Pre-cleaners)

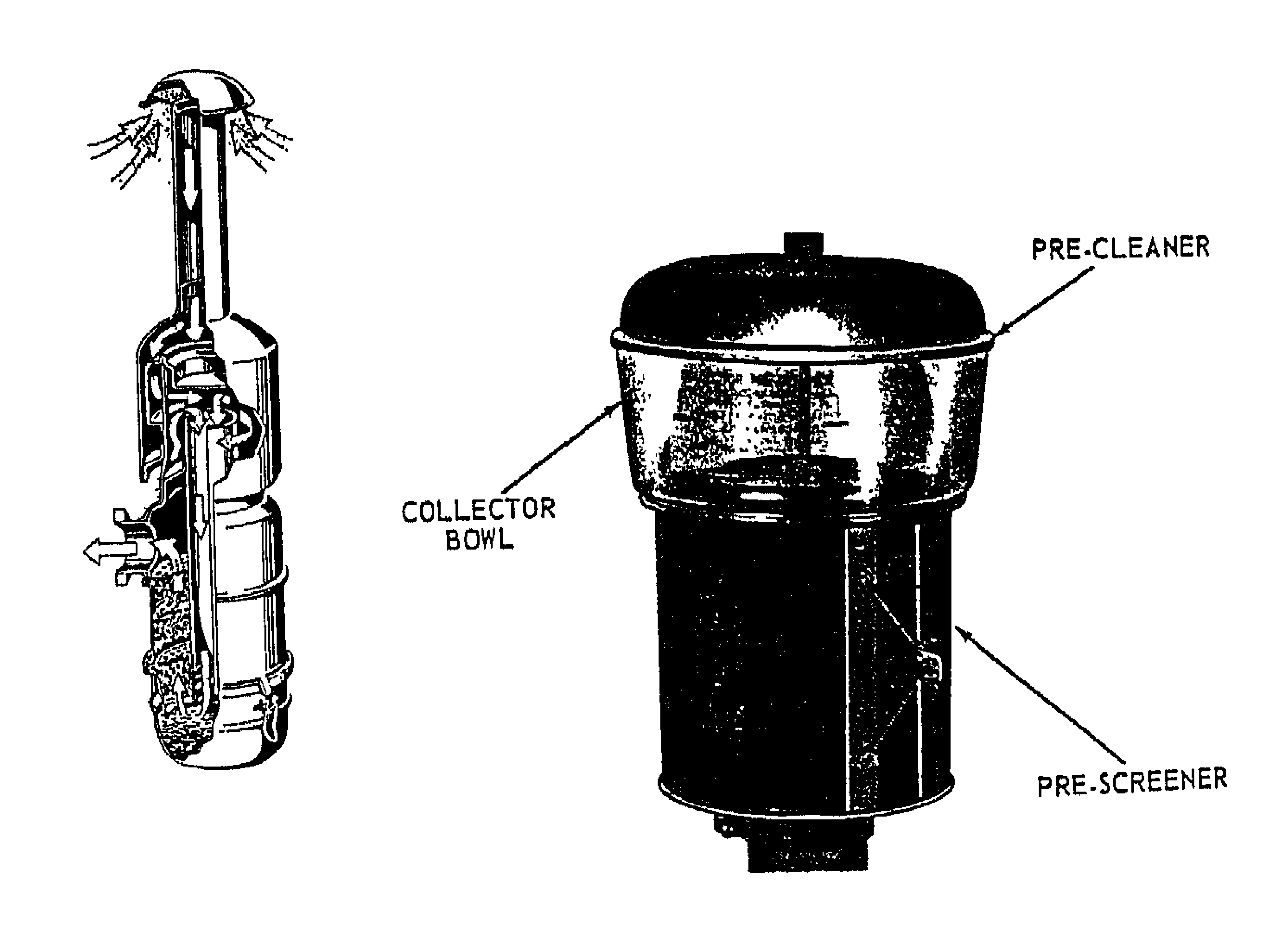
تستخدم هذه المرشحات لتنقية الهواء من الشوائب الكثيره قبل دخولها إلى مرشح الهواء الرئيسى مما يقلل كثيرا من الحمل الواقع عليه بالإضافة إلى إطالة الفترة بين عمليات الصيانة التى تجرى على المرشح الرئيسى. ومعظم مرشحات الهواء الابتدائية يكون ملحقا بها مصفاة سلكيه لمنع دخول القش والأوراق وما إلى ذلك- إلى ماسورة سحب الهواء.

ويعرف هذا النوع من المرشحات بالمنقى ذو الطرد المركزى أو السيكلون وفيه يدخل الهواء خلال عجله مروحيه ذات رياش. ونظرا لترتيب الرياش بالعجلة فى وضع مائل، فإن جسيمات الأتربة المارة بها تطرد الى الخارج، أو يدخل الهواء من خلال فتحه فى اتجاه حلزونى الى غرفة الطرد المركزى. وبهذه الكيفية يكتسب الهواء حركه دوامية فتنفصل عنه جسيمات الأتربة متجهة الى مجمع الأتربة عن طريق فتحة التصريف. ويوضح شكل (4-2) نموذج للفلتر الهواء الابتدائية.

ويمكن تصميم مجمع الأتربة بحيث يفتح تلقائيا عند توقف المحرك للتخلص من الكمية المحجوزة على أساس حدوث انخفاض فى الضغط داخل الفلتر أثناء تشغيل المحرك أو أثناء توقف المحرك فبواسطة وزن الأتربة تقع بوابه سفلى للتخلص من الأتربه. وتعاد البوابة الى مكانها عند التشغيل مره أخرى، ويمكن القول أن حوالى 80 الى 90 ٪ من كمية الأتربة المحملة فى الهواء تحجز بهذه الطريقة.

لا تستعمل فلتر الابتدائية (ذات الطرد المركزى) بمفردها وإنما تركب عادة مع مرشحات الهواء ثانوية ويرجع السبب فى ذلك إلى انخفاض كفاءة الفصل.





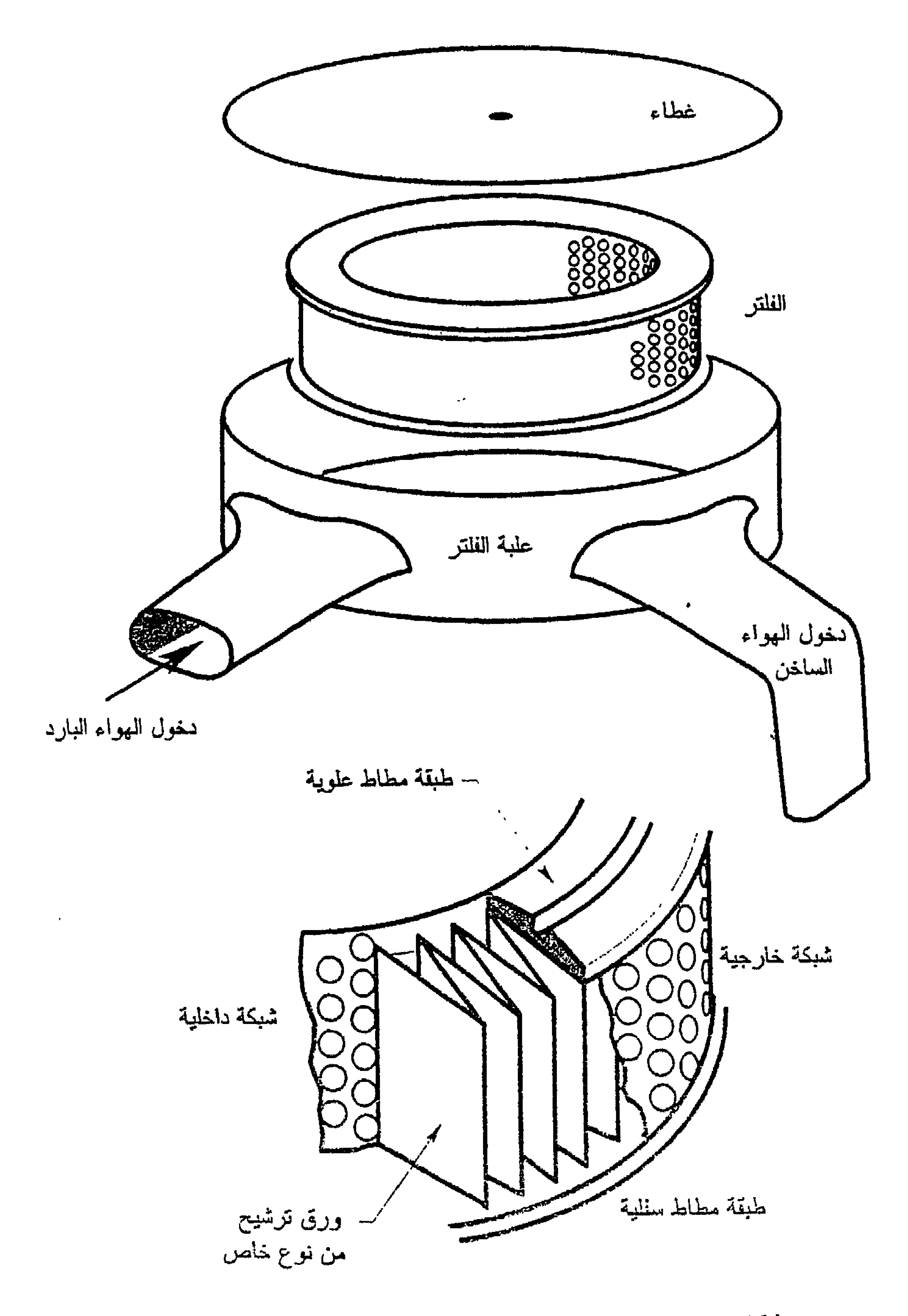
شكل (4-2): نماذج لفلتر الهواء الابتدائية

ب- مرشحات الهواء الجافة (Dry Air Cleaners)

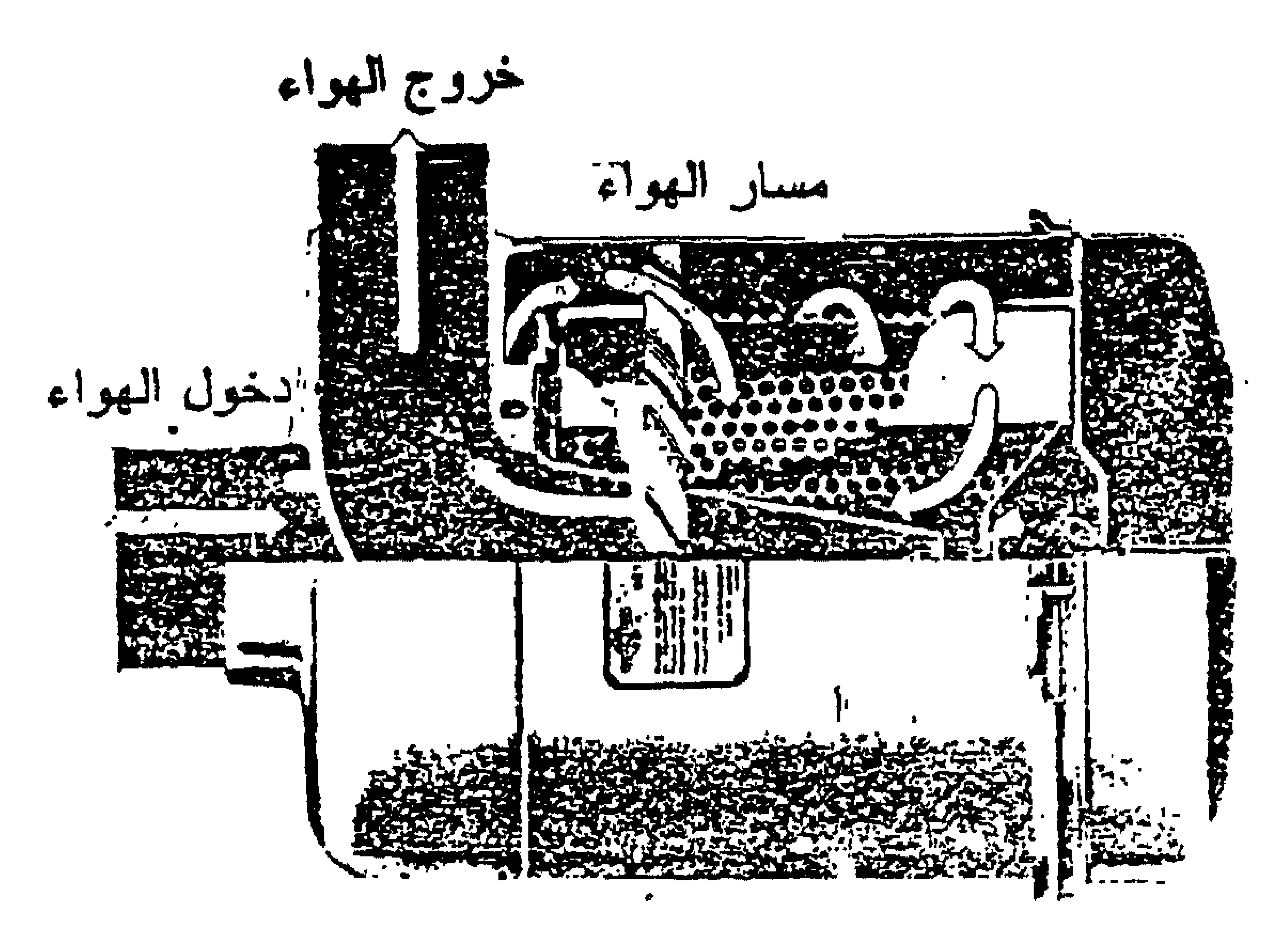
فى المرشح الجاف تستخدم مادة ترشيح مناسبة، مثل نسيج دقيق ناعم أو لباد، ومادة الترشيح هذه تعمل على اصطياد جسيمات الأتربة التى تقع أقطارها فى حدود 0.005mm وعندما تتراكم كميه كبيره من الأتربه داخل المرشح يجب تنظيفه حتى لا تعوق تدفق الهواء داخله.

ويوضح شكل (4-3) فلتر الهواء الشائع الاستعمال فى محركات السيارات، ويكون عنصر الترشيح الورقى مبلل كيماويا لزيادة قوة أحياء الشوائب ومقاومة الرطوبة ويشكل على شكل زجزاج أكبر مساحه للترشيح ويوضع عنصر الترشيح بين شبكتين أسطوانتين من الصلب، ويجب الإشارة إلى أن هذا النوع من المرشحات تفسد مسام الفلتر وتزداد بالتالى أعاقته لسريان الهواء. ويؤدى ذلك إلى زيادة انخفاض الضغط فى ماسورة السحب وبالتالى إلى زيادة استهلاك الوقود ويجب استبدال عنصر الترشيح عندما تصبح أعاقة سريان الهواء فيه كبيرة. ويتوقف طول مدة صلاحية الاستعمال على نسبة الأتربة فى الهواء وعلى مساحة سطح الفلتر. وتحدد الشركات المنتجة قواعد تغير عنصر الترشيح. تستخدم للمحافظة على العنصر الورقى من الضرر عند خدمة فلتر الهواء.

كما يوضح شكل (4-4) فلتر الهواء الجاف المستخدم تحت ظروف قاسيه والمصمم لاستعماله فى الجرارات وهذا الفلتر يعتمد على قاعدة التغير السريع فى اتجاه مجرى الهواء لإزالة الغبار. وتصميم هذا المرشح بحيث يمكن الهواء من تغيير اتجاه سريانه فيها عدة مرات، وبسرعة. ونتيجة لثقل وزن جسيمات الأتربة بالنسبة للهواء، فأنه لا يمكنها مسايرة حركته داخل الفلتر ومن ثم فأنها تنفصل عنه حيث تستقر فيه، كما يوضح شكل (4-5) نماذج من فلاتر الهواء. يستعمل هذا المرشح عادة فى الدراجات النارية، وتنسد مسام المرشح بمرور الزمن، ويفضل حينئذ غسل الفلتر بوقود الديزل أو الكيروسين لتنظيفها ثم نفخها بالهواء المضغوط لتجفيفها. ثم غمرها فى زيت محرك جديد (غير مستعمل).



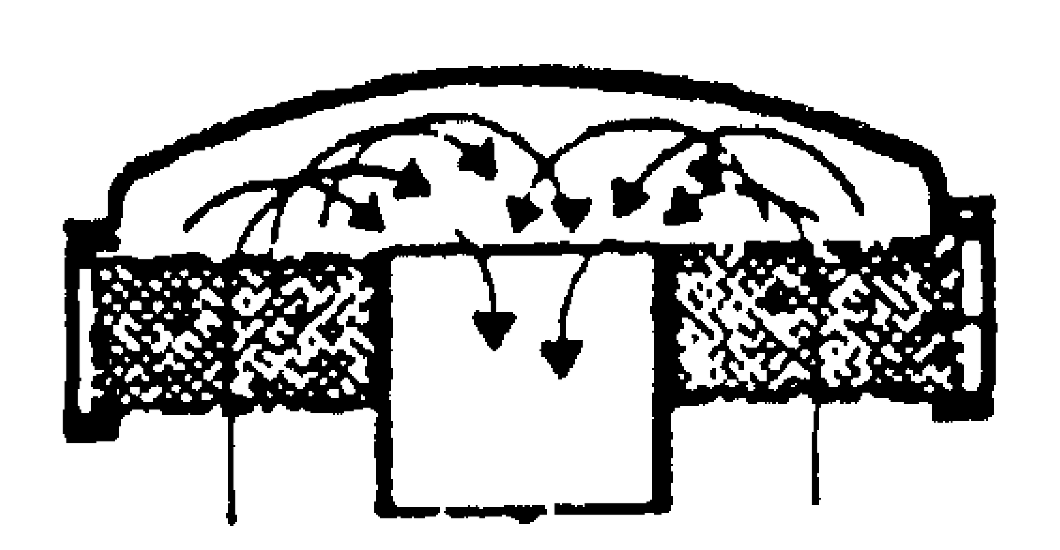
شكل (4-3): فلتر الهواء الشائع الاستعمال فى محركات السيارات



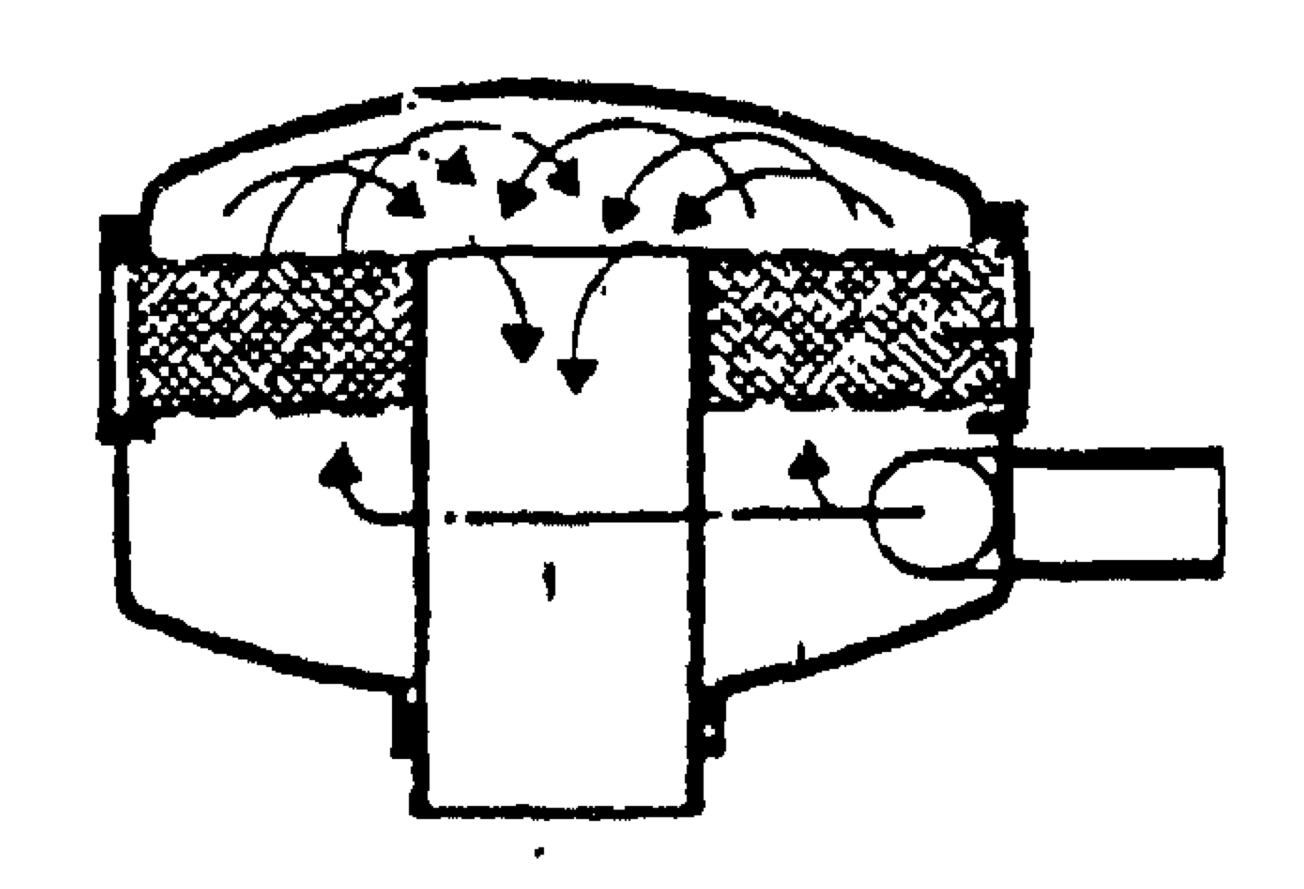
شكل (4-4): فلتر الهواء الجاف المستخدمة مع المركبات التى تعمل فى ظروف قاسية

جـ- مرشحات اللزوجة الرطبة (Viscous- Impingement Cleaner)

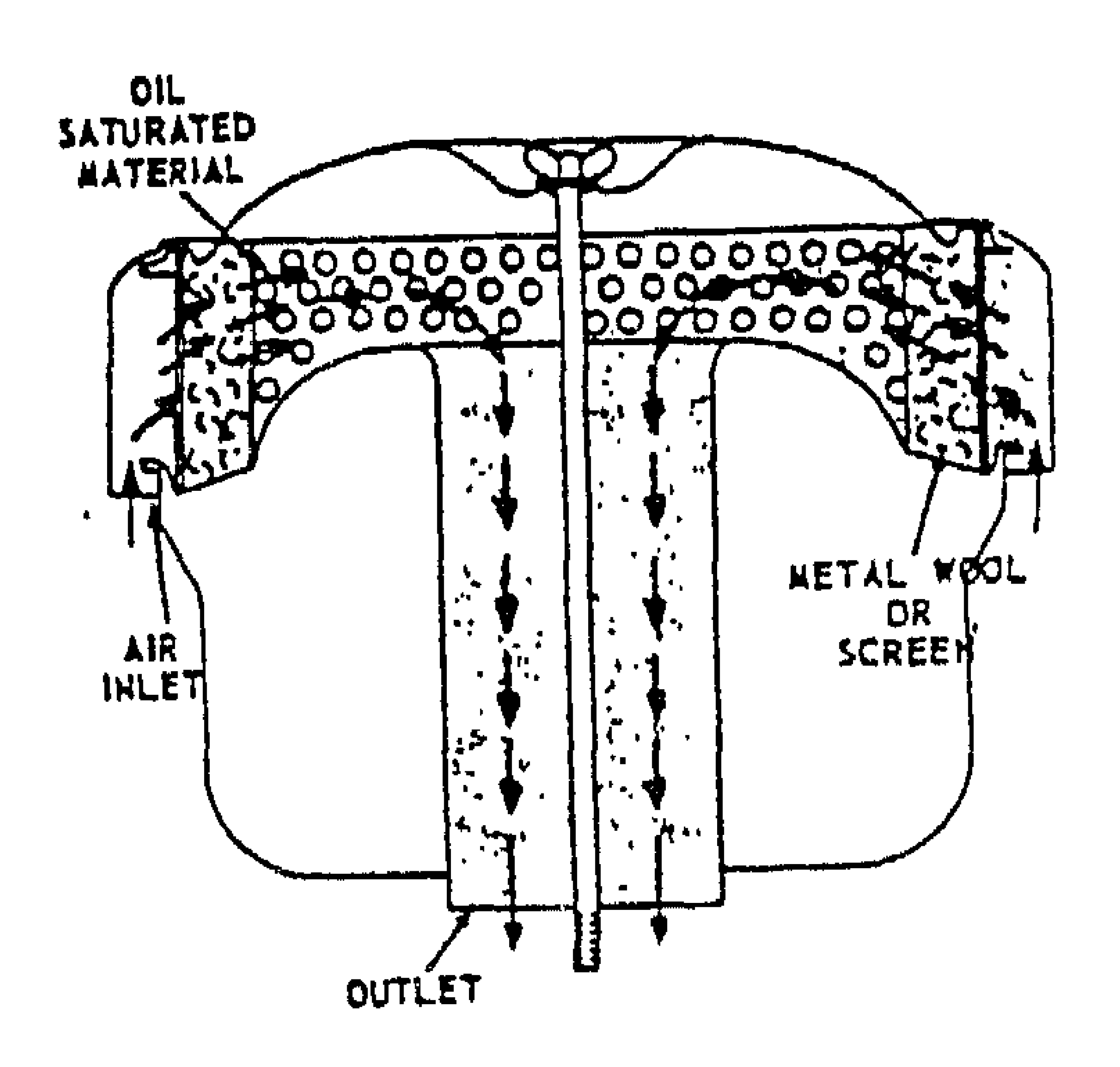
فى هذا النوع (شكل 4-6) من المرشحات يتدفق الهواء فى ممر خلال كميه من الأسلاك أو الشبك المغطى بزيت كثيف مما يعمل على تلاصق الأتربه مع الزيت عند مرور الهواء.



مرشح من الطراز الناقوسى



مرشح من الطراز الصندوقى وبه خافض للصوت.



شكل (4-6): نماذج فلتر الهواء اللزوجة

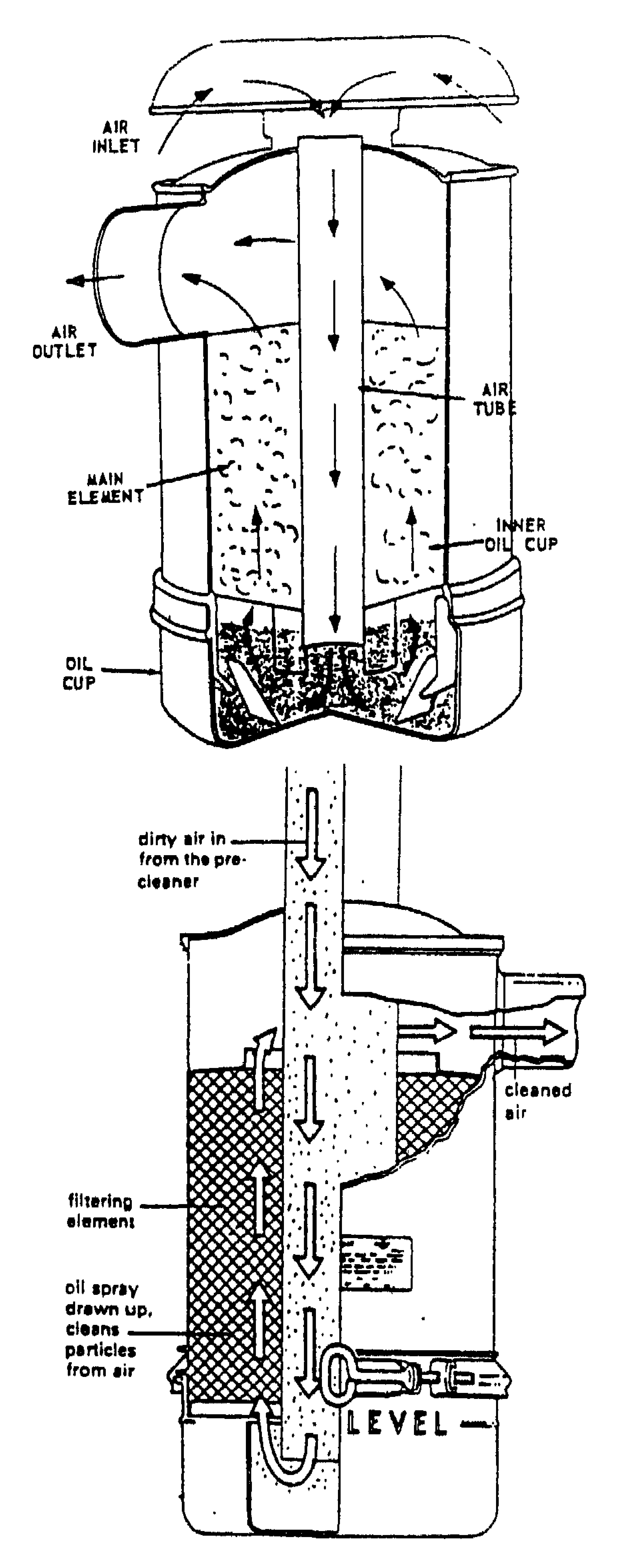
د- مرشحات الهواء ذات حمام الزيت(Oil Bath Air Cleaners)

يستعمل مرشح الهواء ذات صمام الزيت فى سيارات الخدمات العامة وأحيانا فى بعض محركات سيارات ركوب الأشخاص ويستعمل أيضا فى الجرارات الزراعية.

ويوضح شكل (4-7) الأجزاء الرئيسية لهذا النوع من المرشحات، والمرشح عبارة عن وعاء يحتوى على زيت عند ارتفاع معين ويثبت فوقه أسطوانة تحتوى على شبكه من السلك الرفيع وبداخلها أنبوبه رأسيه لمرور الهواء الداخل إلى المرشح، فعند تدفق الهواء خلال الأنبوبة الرأسية يمر أولا على وعاء الزيت حيث تحتجز جزيئات الأتربة العالقة به. ثم يمر بعد ذلك من خلال الشبكة السلكية والتى تحتوى على رذاذ من الزيت ليتم تنقيته من أى شوائب قد تكون عالقة ليصل نظيفا إلى أسطوانات المحرك عن طريق صمامات السحب.

ولزيادة كفاءة عمل المرشح يجب أن تكون الأنبوبة الرأسية منغمسة فى زيت الوعاء بمقدار كافى. ولذلك يجب أن يصل مستوى الزيت إلى العلاقة المحددة على الوعاء. فانخفاض مستوى الزيت عن تلك العلامة يؤدى إلى انخفاض درجة تنقية الهواء. أما إذا أرتفع مستوى الزيت عن العلامة فإن الهواء يجد مقاومه عند المرور مما يؤدى إلى خنق المحرك وبالتالى إلى احتراق غير كامل للوقود وأحيانا قد يصل الهواء كميه من الزيت معه إلى الأسطوانات مما يؤدى إلى حرقه وترسيب الكربون داخل الأسطوانات.

يتم ترشيح الهواء بالعمل على مروره خلال رذاذ من الزيت يعلق بجزيئات الأتربة ويغطيها بطبقه من الزيت فيزيد بذلك وزنها ويترتب على ذلك تساقطها بتأثير ثقلها فى حوض الزيت، أما الجزيئات الخفيفة فتمر دون أن تسقط وإنما تحجز بواسطة شبكه معدنية. وحيث أن ما يصل من الأتربة إلى هذه الشبكة يكون قليلا- فالمرشح يبقى نظيفا لمده طويلة. أما الزيت الذى بالحوض فيجب استبداله كلما تراكمت فيه الأتربة .



شكل (4-7): فلتر الهواء ذو الحمام الزيتى

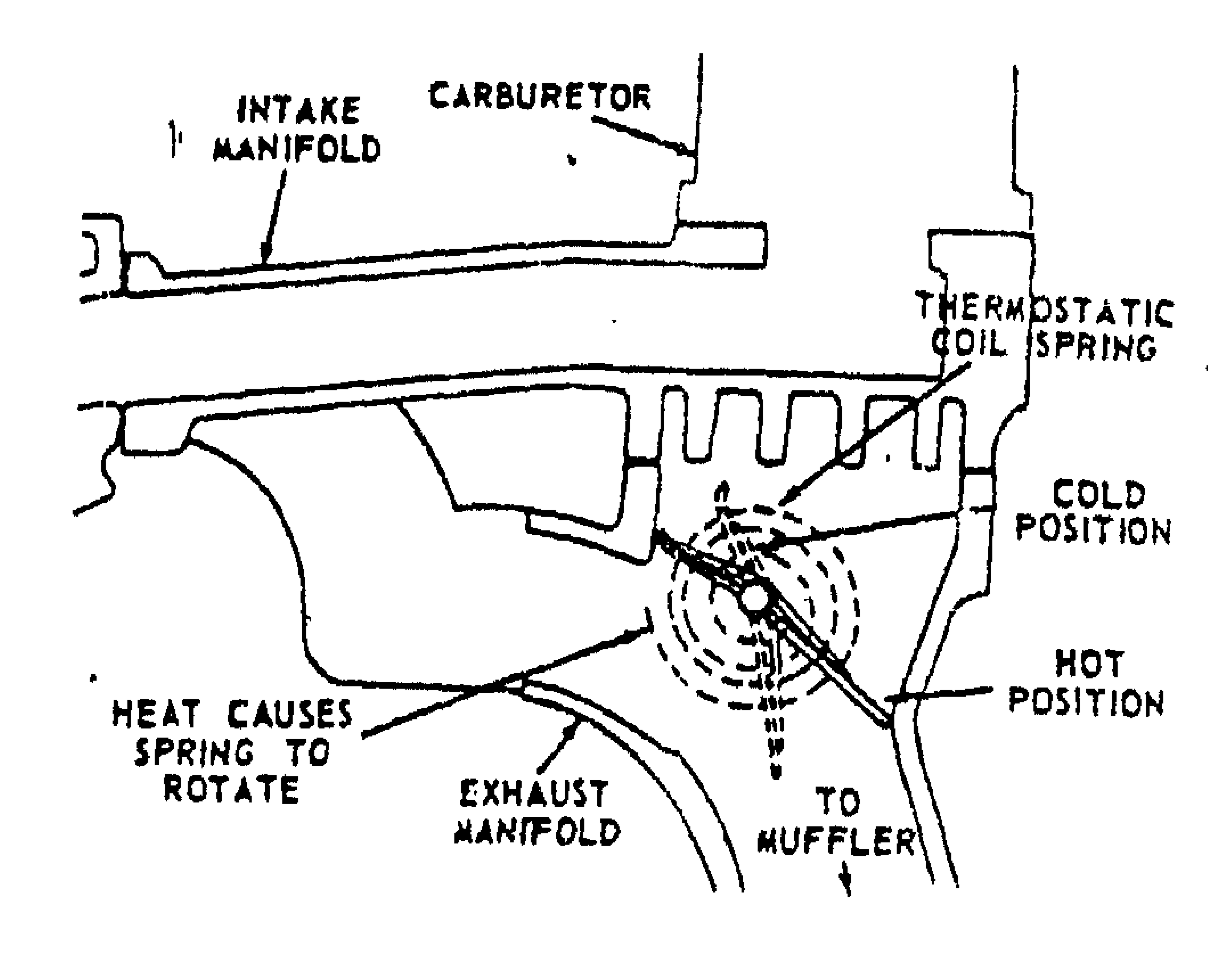
مجمع أنابيب السحب (Intake Manifold)

يتكون مجمع مجارى السحب أساسا من أنبوبه أو عدة أنابيب لحمل الشحنة (مخلوط الهواء والوقود فى محركات البنزين أو هواء فقط فى محركات الديزل) إلى صمامات الدخول. ويركب مجمع السحب على جانب جسم الأسطوانة فى المحركات ذات الرأس (L) وعلى جانب رأس الأسطوانة فى المحركات ذات الرأس (I) ويركب مجمع السحب بين صفى الأسطوانات فى المحركات على شكل حرف (V) .

صمام التحكم فى درجة حرارة مجارى السحب (Manifold Heat Control)

عند بدء إدارة المحرك، أى فى أثناء تسخينه، تكون نسبة بخار البنزين الى الهواء ضعيفة وذلك لقلة تبخر البنزين عند درجات الحرارة المنخفضة نسبيا والتى تمثل درجة الحرارة عند بدء الإدارة. ولزيادة كمية البخر ولسهولة بدء إدارة المحرك، يستعمل جهاز لتسخين مجارى السحب عندما تكون باردة. ويسمى هذا الجهاز صمام التحكم فى درجة حرارة مجارى ا لسحب Manifold heat control " وهو يركب بداخل مجارى العادم. ويوجد نوعان من الأجهزة لهذا الغرض، أحداهما للمحركات ذات الصف الواحد والأخرى للمحركات ذات الصفين.

وفى محركات ذات الصف الواحد تكون مجارى غازات العادم تحت مجارى السحب. وفى نقطه متوسطه توجد فتحه فى مجارى العادم موصلة إلى حجرة أو حيز موجود حول ماسورة السحب كما يوضح شكل (4-8) . ويوجد صمام فراشه على مدخل هذه الفتحة، وعندما يدور الصمام فى احد الاتجاهات تقفل الفتحة. ويمكن التحكم فى وضع الصمام بواسطة منظم حرارى. فعندما يكون المحرك باردا، يحرك المنظم الحرارى الصمام بحيث يجعله فى وضع الاقفال، وعندما يبدأ المحرك فى الدوران تمر غازات العادم من خلال الفتحة الموجودة فى مجارى العادم وتدور غازات العادم حول ماسورة السحب وتعمل غازات العادم على تسخين ماسورة السحب بسرعه، وبذلك يسهل تبخر البنزين وتتحسن عملية بدء دوران المحرك. وعندما يسخن المحرك يحرك المنظم الصمام إلى الوضع المفتوح، وبذلك تمر غازات العادم مباشرة فى ماسورة العادم.



MANIFOLD HEAT CONTROL VALVE

شكل (8-4): صمام التحكم فى درجة حرارة مجارى السحب

أما فى محركات ذات الصفين فيوجد بماسورة السحب الموجودة بين صفى الأسطوانات مسارات خاصة تمر بها بعض غازات العادم. ويوجد فى طريق غازات العادم بأحد مجمعى مسارات العادم صمام يتحكم فيه منظم حرارى بحيث يقفل الصمام عندما يكون المحرك باردا، وبذلك تمر غازات العادم خلال مسارات موجودة بماسورة السحب. وتعمل حرارة غازات العادم على تسخين ماسورة السحب، وذلك لتحسين عملية إدارة المحرك وهو بارد. وعندما ترتفع درجة حرارة المحرك يفتح الصمام بواسطة منظم حرارى خاص بذلك وتمر غازات العادم الماره بمجمعى مسارات العادم مباشرة الى مواسير العادم.

ثانياً: جهاز العادم (Exhaust System)

بعد احتراق خليط الهواء والوقود فى أسطوانة المحرك يفتح صمام العادم ويدفع الكبس المتحرك لأعلى الغازات المتخلفة فى الأسطوانة وذلك أثناء شوط العادم. وتمر الغازات داخل مجمع العادم ثم ماسورة العادم ثم كاتم صوت العادم.

ويقوم جهاز العادم بالوظائف الآتية:

1- نقل غازات العادم الى خارج المحرك.

2- تخفيض سرعة الغازات.

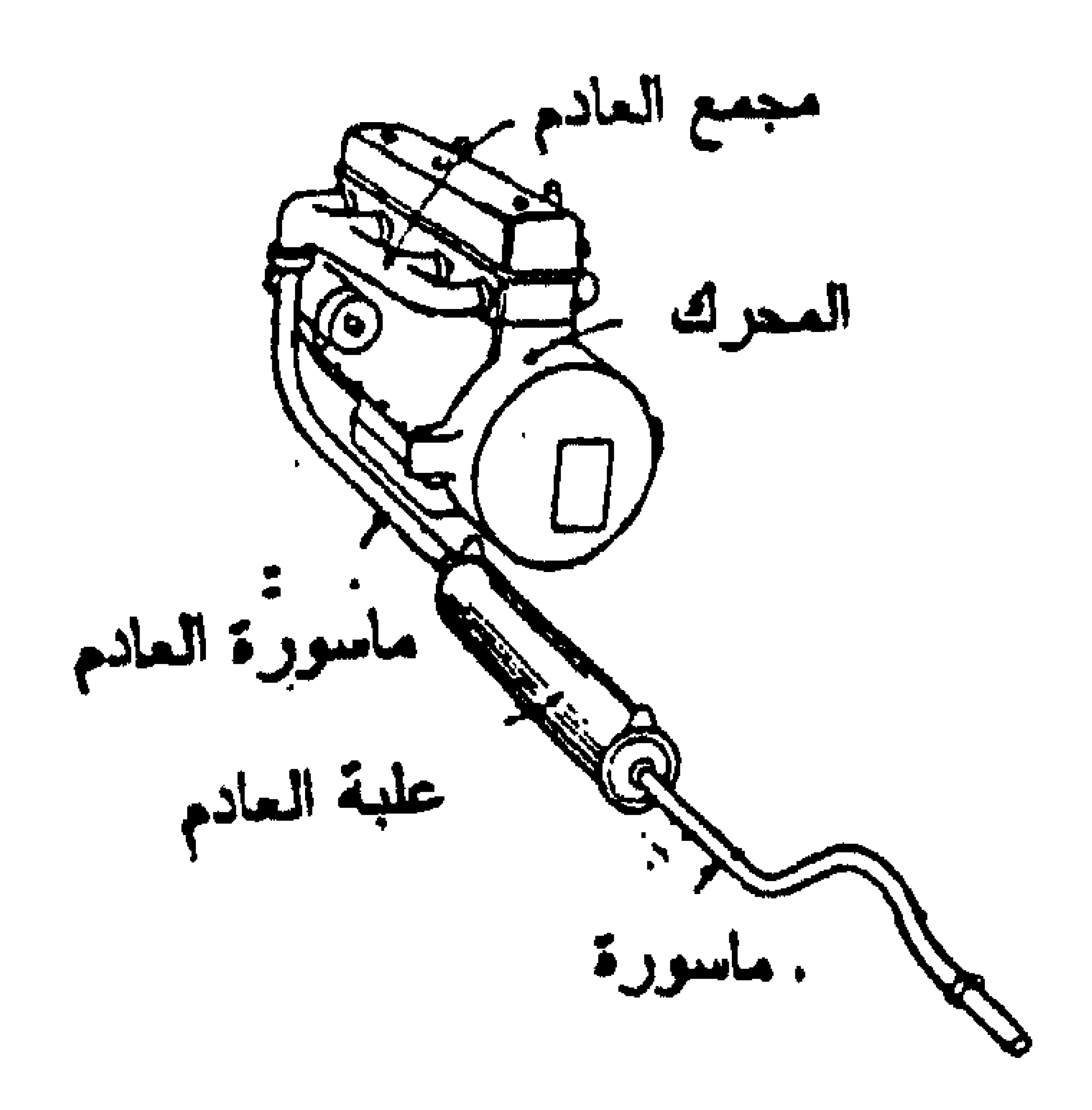
3- تخفيض الضوضاء الناتجة من دفعات الضغط الشديدة التى تحدث عند تصريف العادم.

4- إطفاء أى جزء كربونى متوهج فى علبة العادم قبل خروجها إلى الجو الخارجى منعا لحدوث الحرائق.

ويصنع جهاز العادم من الصلب وأحيانا من الزهر خصوصا إذا كان الوقود يحتوى على نسبة من الكبريت الذى يسبب وجوده فى غازات العادم تآكل الصلب. ويوضح شكل (4-9) مكونات جهاز العادم للمحرك والتى يتكون من مجمع العادم، ماسورة العادم، وعلبة العادم، ومخرج العادم. (أنبوبة العادم الخلفية)

مجمع مجارى العادم (Exhaust Manifold)

يتكون مجمع مجارى العادم أساسا من أنابيب معدنية لحمل غازات العادم من أسطوانات المحرك إلى بقية مجموعة العادم. ويركب مجمع مجارى العادم إلى جانب جسم الأسطوانات فى المحركات ذات الرأس (L) أما فى المحركات ذات الرأس (I) فإنه يركب على جانب رأس الأسطوانة. أما فى المحرك (V) فيوجد مجمع لكل صنف من الأسطوانات، ويتصل المجمعان بواسطة ماسورة مستعرضه ثم تخرج الغازات من خلال علبة كاتمة الصوت، وأنبوبة العادم الخلفية.



شكل (4-9): مكونات جهاز العادم للمحرك

العلبة الكاتمة للصوت العادم (Muffler)

يجب تركيب خافض صوت (علبة كاتمة الصوت) فى المركبات لكى لا ترتفع حدة الضجيج ويجب ألا تسبب علبة كاتمة الصوت خفض قدرة المحرك بقدر الإمكان تحتوى العلبة الكاتمة للصوت على مجموعه من الثقوب والمجارى وحجرات التحكم فى الذبذبة وذلك لامتصاص وتخفيض الموجات ذات الضغط العالى التى تحدث بداخل مجموعة غازات العادم عند فتح صمامات العادم وبذلك ينخفض صوت خروج غازات العادم. ويجب ألا يقل حجم علبة كاتم الصوت عن 7 مرات حجم أسطوانات المحرك. ولخفض شدة الضوضاء يجب ملاحظة الآتى:

1- أن يكون فرق الضغط بين مخرج الغازات من أنبوبة العادم والضغط الجوى أقل ما يمكن.

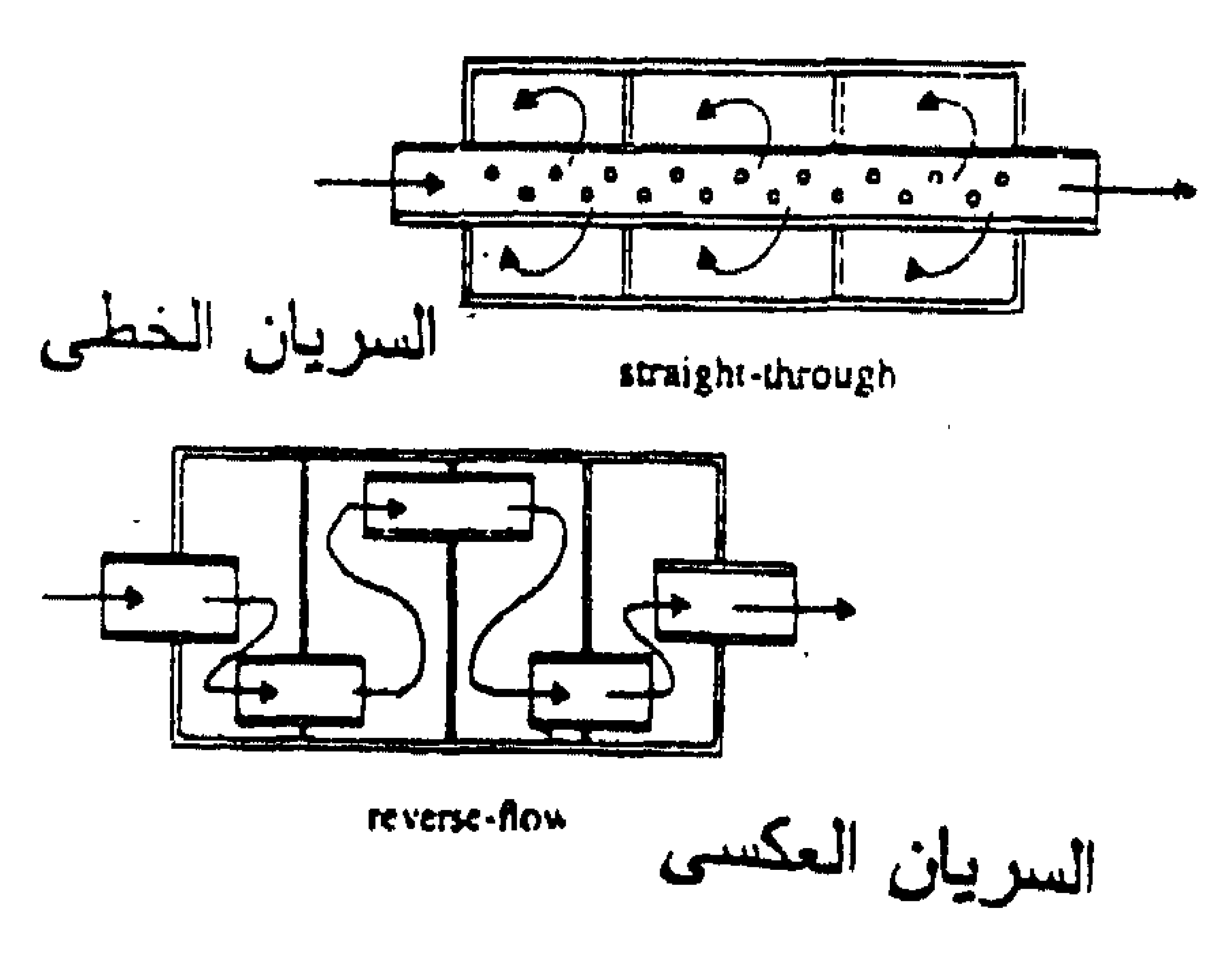
2- خفض طاقة غازات العادم قبل خروجها الى الجو وذلك عن طريق الاحتكاك على سطوح معدنيه أو عن طريق تغيير مجرى الغازات عدة مرات.

3- يؤدى تبريد أنبوبة العادم الى خفض كبير فى شدة الضوضاء ويصغر حجم كاتم الصوت.

4- شدة الصوت تكون كبيرة فى المحركات سريعة الحركة والمحركات ثنائية الأشواط، لذا فإن تصميم كاتم الصوت بهذه المحركات يحتاج إلى عناية اكبر.

وعلبة العادم تتكون من أنبوبه طوليه تمر داخل علبه اكبر منها فى القطر بحوالى 3 مرات. وقد يوضع فى بعض الأحيان صوف زجاجى حول الأنبوبة الداخلية كماده لإخماد الصوت ولها خاصية التحمل للدرجات الحرارة. ويوجد عموما نوعين من علبة العادم كما هو موضح بشكل (4-10)، والنوع الأول يسمح لغازات العادم بالسريان بطول الأنبوبة الداخلية. وهو ما يعرف بطريقة السريان الخطى وفى هذا النوع تكون أنبوبة العادم الداخلية مثقب ومحاطاً بطبقة خافضة للصوت (غالباً ما تكون من الحرير الصخرى اسبستوس) والتى من شأنها خفض وتسوية موجات الضغط. والنوع الثانى يسمح للغازات بالسريان للأمام ثم للخلف قليلاً من خلال غرف متتالية إلى أن يصل إلى نهاية العلبة ومنها الى الخارج وهو ما يسمى بالسريان العكسى، وكلا النوعين يعمل على تمدد الغازات وذلك للإقلال من ضوضاء الغازات الخارجة. وعند تصميم جهاز العادم يجب أن يستوعب كمية الغازات الخارجة بدون إعاقة لها حتى لا ينتج عن ذلك الإقلال من القدرة الناتجة من المحرك.

توجد ماسورة العادم فى أسفل السيارة والى الخلف أما فى بعض المركبات يمكن تغيير وضعها فمثلاً فى الجرارات الزراعية فيجب تغيير وضع ماسورة العادم حسب العملية التى يقوم بها، فإذا كان الجرار يقوم بالعمل فى اراضى البساتين فيجب توجيه ماسورة العادم الى أسفل الجرار. أما إذا كان يعمل فى محاصيل حقليه قابله للاشتعال بفعل غازات العادم فيجب توجيهها أعلى الجرار.



شكل (4-10): أنواع علبة العادم

نواتج غازات العادم

الاحتراق المثالى للمحرك (بنسبة خلط مثالية) تكون نواتج الاحتراق فيه غير ضارة حيث ينتج ثانى أكسيد الكربون وغاز النيتروجين وبخار الماء فقط الا أن الوصول إلى الاحتراق المثالى فى المحركات أمر يصعب التحكم فيه وذلك بسبب أن المحركات تعمل بنسب خلط متغيرة ونتيجة لذلك ينتج بعض الغازات غير المرغوب فيها والضارة على الإنسان والبيئة وهذه الغازات هى:

- أول أكسيد الكربون CO: وهو غاز سام عديم اللون والرائحة ويعتبر أخطر نواتج الاحتراق ويكثر فى محركات البنزين ويكاد ينعدم فى محركات الديزل.
- الهيدروكربونات $C_m H_m$: وهى عبارة عن وقود غير محترق وذات رائحة مزعجة.

- أكاسيد النيتروجين NO_x: وتنتج من زيادة ارتفاع درجة حرارة الاحتراق وتتطاير فى الجو وتتفاعل مع جزيئات الماء فى السحب مسببة ما يسمى بالأمطار الحمضية. ولتقليل أكاسيد النيتروجين فى المركبات يستخدم نظام إعادة غازات العادم.

ويعتبر الضباب الأبيض فى غازات العادم الذى يظهر عند تشغيل المحرك البارد (أو فى الشتاء) أمراً طبيعياً. أما خروجه مع غازات عادم والمحرك ساخن وعند الظروف الجوية الدافئة فيدل على تسرب المياه إلى داخل الاسطوانة. كما يدل ظهور دخان أزرق فى غازات العادم على وجود زيت محترق يتسرب بسبب عدم إحكام شنابر المكبس لغرفة الاحتراق. أما الدخان الأسود فى غازات العادم فيدل على أن خليط الوقود والهواء غنى، بمعنى وجود نسبة عالية من الوقود فيه.

وتعتبر نواتج غازات العادم أشدها ضرراً للصحة العامة. وقد اثبت التحليل الكيماوى لغازات العادم فى المحركات المختلفة تفاوتا فى نسب الغازات الضارة وقد أثبتت نتائج الأبحاث أن التلوث الناتج عن غازات العادم، أكبر فى محركات البنزين منها فى محركات الديزل.

حيث يضاف إلى البنزين بعض الإضافات(مركبات الرصاص) لتحسين خواص إشعاله وخلال عملية الاحتراق داخل المحرك تتأكسد مركبات الرصاص غير العضوية مع عادم الاحتراق فى الجو خلف السيارة فى صورة غازات وحبيبات دقيقه تتعلق فى الهواء فيستنشقها الإنسان. وتعرض الأطفال للرصاص يؤدى إلى تلف الأجهزة العصبية المركزية وخفض مستوى الذكاء وانتشار التخلف العقلى والأمراض العصبية ونوبات الصرع وضعف الابصار. هذا وتبلغ الكميه من الرصاص المسموح بها حوالى 40 ميكروجرام لكل 100 ملليمتر مكعب دم، ولما كان الإنسان يحمل فى جهازه الدورى حوالى 5.5 liter دم فى المتوسط فتصبح كمية الرصاص المسموح بها 2.2 gr

وقد وضعت الولايات المتحدة الأمريكية والدول الأوربية حدود للنسبة المسموح بها من المواد الضارة فى غازات العادم على النحو التالى:

$C_m H_n$ من 6.89 إلى 10.9 جرام

CO من 80 إلى 176 جرام

NO_x من 10 إلى 16 جرام

وتبلغ كمية غاز أكسيد النتروجين المنبعثة من عادم المحركات على النحو التالى:

محرك البنزين	0.04kg / kg fuel
محرك الديزل	0.05kg / kg fuel
محرك الغاز الطبيعى	0.01kg / kg fuel

ولهذا السبب منعت بعض الدول استخدام محرك الديزل فى السيارات لكثرة ما ينبعث منه من غاز أكسيد النتروجين، كما منعت الدول استخدام مركبات الرصاص المضافه الى بنزين السيارات بغرض تحسين خواص إشعاله بسبب خطورة التسمم بالرصاص.

والضرر الناجم عن غازات العادم الساخن المنبعثة الى الجو يصيب الإنسان والحيوان والنبات فقد أعلنت إحدى جامعات ألمانيا أن تلوث البيئة يظهر أثره على المدى الطويل فى الإنسان، وينتقل هذا الأثر إلى الأبناء عن طريق الرضاعة من الأمهات.

تنقية غازات العادم

مما سبق يتضح أهمية تنقية غازات العادم والتقليل من أضرارها تهتم المصانع المنتجة للمركبات فى معظم الدول الأوربية بصفة خاصة بالتعليمات الصادرة من دول المجموعة الأوروبية والولايات المتحدة الأمريكية فى هذا الشأن. وتتولى ورش إصلاح المركبات المنتشرة فى دول معظم العالم لاختبار وضبط نسبة أول أكسيد الكربون فقط فى غازات العادم عند سرعة اللاحمل. فإذا كانت نسبته

أقل من 45%، دل ذلك على سلامة المحرك. ويخضع الإنتاج من المركبات للقيم المسموح بها من هيئة (GLO) General License of Operation عند ترخيصها وهى تعنى (الترخيص العام للتشغيل طبقاً لمواصفات الاختبار الأوروبية) ويجب فى هذا الاختبار الالتزام بالقيود الموضوعة لمختلف حالات التشغيل فى فترات زمنية محددة. ويرجع مجال التغير الكبير المسموح به لقيم (GLO)، إلى أخذ وزن المركبة فى الاعتبار. وقد قسمت المركبات إلى تسع مجموعات حسب وزنها. وحدد لكل مجموعة الحد الأكبر المسموح به لكل من أول اكسيد الكربون (Co) والمركبات الهيدروكربونية ($C_m H_n$) وأكاسيد النيتروجين (NO_x).

كذلك يتم اختبار تسرب الغازات خارج علبة الكرنك، ويجب ألا تتعدى كمية المركبات الهيدروجينية فى الغازات التى لم يسحبها المحرك من علبة الكارتير نسبة 0.15% من الاستهلاك الكلى للوقود.

ولتنقية غازات العادم يجب الاتباع الآتى:

- حقن البنزين. يمكن التحكم فى كمية البنزين المحقون. وبذلك تقل نسبة أول اكسيد الكربون، مما ينتج عنه رفع القدرة بالإضافة إلى التوفير فى الاستهلاك النوعى للوقود. وتستعمل هذه الطريقة بكثرة فى الدول الأوروبية
- استعمال كربراتير جيد.
- استعمال موزع شرارة ذو تحكم مزدوج يتم بالتفريغ الهوائى، ويمكن فى هذا النوع من الموزعات تأخير الإشعال إلى ما بعد وضع التعادل عند سرعة اللاحمل وعند الحركة البطيئة للمركبة. ويؤدى هذا بدوره إلى تحسين الاحتراق وإتمامه.
- استخدام جهاز تنقية غازات العادم وهو جهاز الاحتراق اللاحق وفيه يتم إدخال هواء نقى فى ماسورة العادم وذلك بعد صمام العادم مباشراً بواسطة مضخة خاصة وتساعد الهواء الداخلى وحرارة غازات العادم الخارجة على الاحتراق اللاحق لبعض غازات العادم. عند انخفاض السرعة يفتح صمام يؤدى إلى زيادة دخول الهواء فى خلال صمام السحب والذى يؤدى على خفض نسبة الوقود إلى الهواء.

الباب الخامس

جهـــاز التزييت

Chapter (5)

(The Lubrication System)

الباب الخامس Chapter (5)

جهـــاز التزييت

(The Lubrication System)

مقدمة

من الضرورى تزييت الأسطح المعدنيـة المتلاصـقة فـى جميـع الآلات المتحركـة إذا كان بينهما حركه نسبية للأسباب الآتية:

1- مقاومة الاحتكاك بين السطحين المتلاصقين.

2- لمنع أى خدش أو قطع أو تسلخ على السطح المعدنى المحتك ليقل تآكل السطح المتحرك.

3- لمنـع تولـد الحـرارة الناتجـة مـن الاحتكـاك ومـا يتبعهـا مـن تمـدد الأجـزاء المعدنيـة "أو انصهارها" وإيقاف الحركة نتيجة لتماسك الأجزاء بسبب اختلاف تمددها.

وهناك ثلاث أنواع من الاحتكاك:

1- احتكاك جاف Dry حيث لا توجد طبقه من زيت التزييت بين السطحين.

2 - احتكـاك مختلط Mixed حيـث توجـد طبقـة زيـت ولكـن الحركـة بـين السطحين بطيئة.

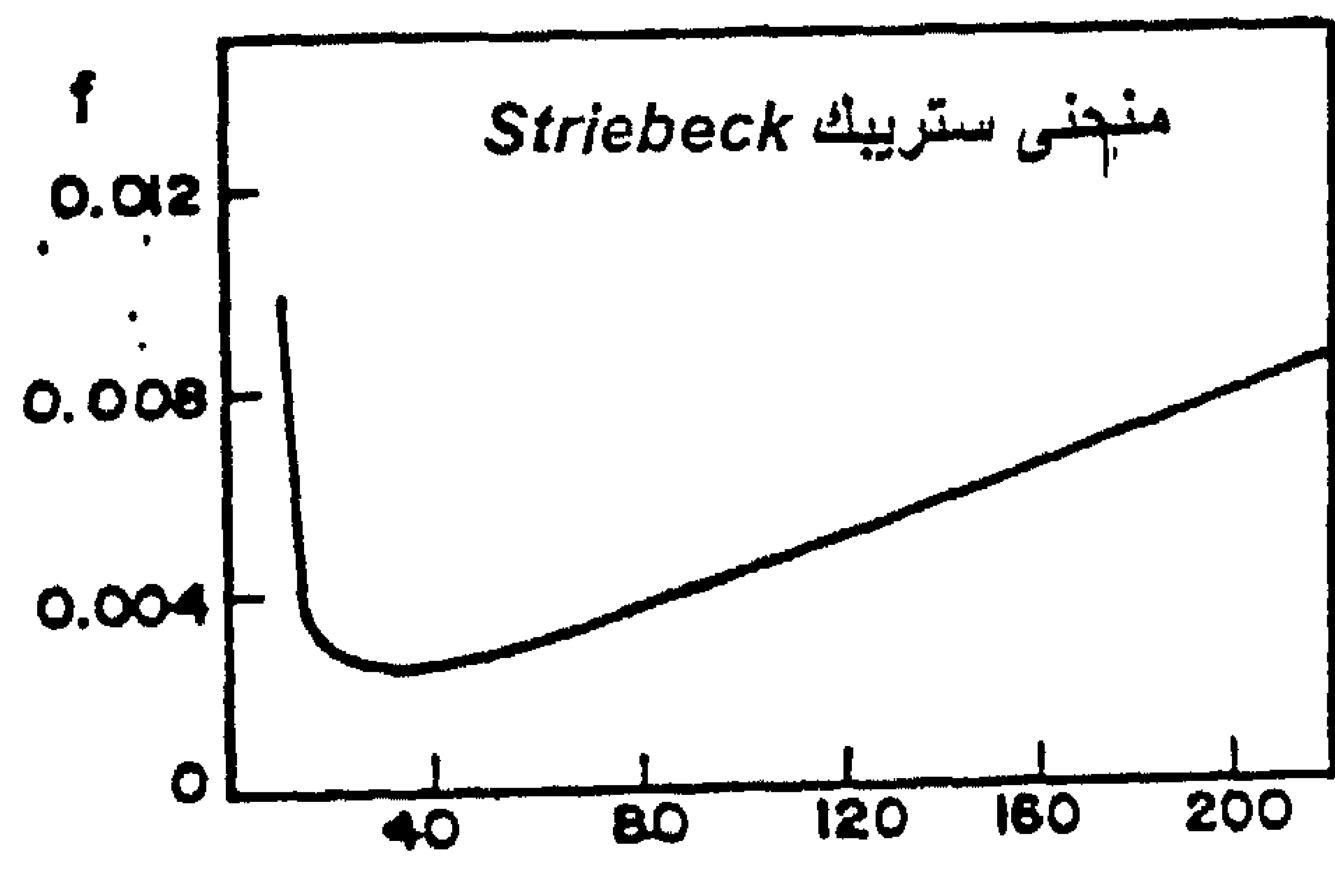
3- احتكاك مبلل Wet حيث توجد طبقة زيت تزييت موجودة ولكن سرعة مرور سطح على الأخر كبيرة.

يتوقف معامل الاحتكاك على نـوع الزيـت بـين السـطحين وسـرعة تحـرك سطح على الأخر. وقد أوضح ستريبك Striebeck شكل العلاقة بين معامل الاحتكاك مع متوسط سـرعة تحـرك سطح علـى آخـر عنـدما توضـع طبقـة رفيعـة مـن زيت

التزييت oil Film كما فى شكل (5- 1) ويعرف هذا المنحنى بمنحنى ستريبك Striebeck وفى هذا المنحنى يبلغ معامل الاحتكاك أقصى قيمه لها حينما يكون السطح ضاغطا على سطح آخر دون وجود طبقة زيت التزييت وهو ما يعبر عنه بالاحتكاك الجاف، بعد ذلك اذا أدخلنا طبقة رفيعة من زيت التزييت بين السطحين وسحبنا أحدهما بسرعة ما فأن معامل الاحتكاك تقل حتى تصل لنهايتها الصغرى عند سرعة معينه، بعد ذلك لو زادت السرعة، فأن طبقة الزيت تهرب ويتحول الاحتكاك فى النهاية إلى الاحتكاك الجاف.

ويفضل الزيت كأداة لتزييت أجزاء المحركات بسبب خاصية تلاصقه مع السطوح المعدنية تلاصقا شديدا وخاصية لزوجته التى تعمل على تماسكه مع بعضه تحت حمل أو ضغط دون هروبه من بين الأسطح كما هو الحال فى السوائل الأخرى.

ويتكون غشاء الزيت الذى بين سطحين من عدة طبقات. فالطبقات المجاورة لسطح المعدن تتلاصق معه بخاصية التلاصق، أما الزيت الذى بين هذه الطبقات فيتماسك مع بعضه بخاصية اللزوجة. فعندما تكون الأجزاء فى حركه يميل غشاء الزيت الى الانفصال مكونا عدة طبقات حيث تنزلق أو تتدحرج الطبقات المتوسطه منها فوق بعضها. ويسمى الاحتكاك بين طبقات الزيت بالاحتكاك المائع وهو يتطلب قوة بسيطة للتغلب عليه بعكس الاحتكاك الجاف وتكون النتيجة خفض درجة الحرارة والتآكل بين الأجزاء المتحركة.



شكل (1-5): العلاقة بين السرعة ومعامل الاحتكاك

والاحتكاك الجاف بين الأجزاء المعدنية المتحركة فى المحرك، قد يؤدى إلى تآكلها وارتفاع درجة حرارتها. من أهم الأجزاء المعرضة لخطر الاحتكاك أسطح المكابس والاسطوانات وكراسى عمود الكرنك والتاكيهات... الخ ويمكن أن يترتب على ذلك عواقب وخيمة وإتلاف المحرك فى النهاية إذا لم يتم تفادى هذه المشكلة قبل حدوثها. ويتطلب ذلك إدخال كمية كافية من الزيت إلى أسطح الاحتكاك والفكرة من عملية التزييت هى وضع غشاء رقيق من الزيت بين سطحين متلاصقين يتحرك أحداهما بالنسبة للآخر ويحول الزيت دون تلامسها المباشر أثناء الحركة

وظائف زيت التزييت:

يقوم جهاز التزييت بالوظائف الآتية:

1- يعمل الزيت على تبريد أجزاء المحرك التى يصل إليها. فهو يمتص الحرارة من أجزاء المحرك ويحملها إلى خزان الزيت (علبة الكارتير Oil Sump) حيث يتم التخلص منها عبر جدرانه إلى الجو.

2- يقوم الزيت بحماية الأجزاء المتحركة من التآكل بتقليل خطورة الاحتكاك، كما أنه يزيد من قدرة المحرك وذلك بتقليل القدرة المفقود فى الاحتكاك.

3- وجود طبقة رقيقة من الزيت بين جدران المكابس والاسطوانات وشنابر المكبس، ويساعد على إحكام ومنع تسرب الغازات من الاسطوانات.

4- يعمل الزيت على تنظيف المحرك باستمرار من الرواسب والكربون فى ... حيث تسقط الجزيئات الكبيرة منها فى قاع الكاريتر، أما الجزيئات الدقيقة فإنها تحتجز بواسطة فلتر الزيت.

5- يعمل الزيت على امتصاص الصدمات بين محاور الأعمدة وكراسيها، وتهدئة صوت المحرك فعندما شوط التشغيل، يرتفع الضغط فجأة داخل الاسطوانة ويؤثر بقوة كبيرة على المكبس، وتنتقل هذه القوة الكبيرة عبر ذراع التوصيل إلى كراسى عمود الكرنك، حيث تمتصها طبقة الزيت الرقيقة التى تعمل كوسادة لينة على الكراسى.

زيـــت المحـــرك

قبل التقدم التكنولوجي فى استخدام المحركات ذات السرعات العالية كان المحرك يتم تزييته بزيت واحد طوال السنة (ذو درجة لزوجة واحدة) ثم تقدمت إلى استخدام ثلاثة أنواع من الزيت وهو خفيف، متوسط، ثقيل، ولكن الآن ومنذ انتشار المحركات ذات سرعات عالية وبالتالى هناك زيادة فى درجة الحرارة والضغط والسرعة فلابد من استخدام زيت معين لكل نوع من أنواع المحركات المستخدمة وأيضاً يعتمد على موسم التشغيل. ويجب أن تتوفر الشروط الآتية فى الزيت المستخدم:

1- له المقدرة على الاحتفاظ على فيلم رقيق بين الأجزاء المتحركة.

2 – مقاوم للحرارة المرتفعة حتى لا تتغير خواصه بسرعة.

3- لا يعمل على تآكل أو صدأ أجزاء المحرك.

4- ألا يلتصق بالأجزاء المتحركة مما يعوق حركتها.

5- ألا يعمل على تكوين مواد صمغية ورغوية.

6- له من السيولة بحيث تمكنه من السريان عند درجة الحرارة المنخفضة.

7- له المقدرة على تغيير خواصه تحت ظروف التشغيل العادية.

والزيوت المستخدمة تختلف فى درجة لزوجتها على حسب موسم التشغيل وعلى حسب نوع المحرك ودائماً الزيوت تحتوى على المواد المختلفة الآتية:

1- مادة مانعة لتآكل المواد المعدنية	Anti – Corrosion Additives
2- مادة مانعة للأكسدة عند درجات الحرارة العالية	Anti-Oxidation Additives
3- مادة مانعة للصدأ	Anti – Rust Additives
4- مادة منظفة	Detergent Anti – Rust

والزيوت المستخدمة تختلف فى درجة لزوجتها ويأخذ كل زيت درجة محددة معترف بها مثل 40 – 30 – 20 – 10 - 5، والدرجات المنخفضة تستخدم فى

فصل الشتاء أما الزيوت ذو الدرجات العالية تستخدم فى فصل الصيف، وتوجد زيوت جديدة متعددة الدرجات يمكن استخدامها صيفاً وشتاءاً مثل (10-40)

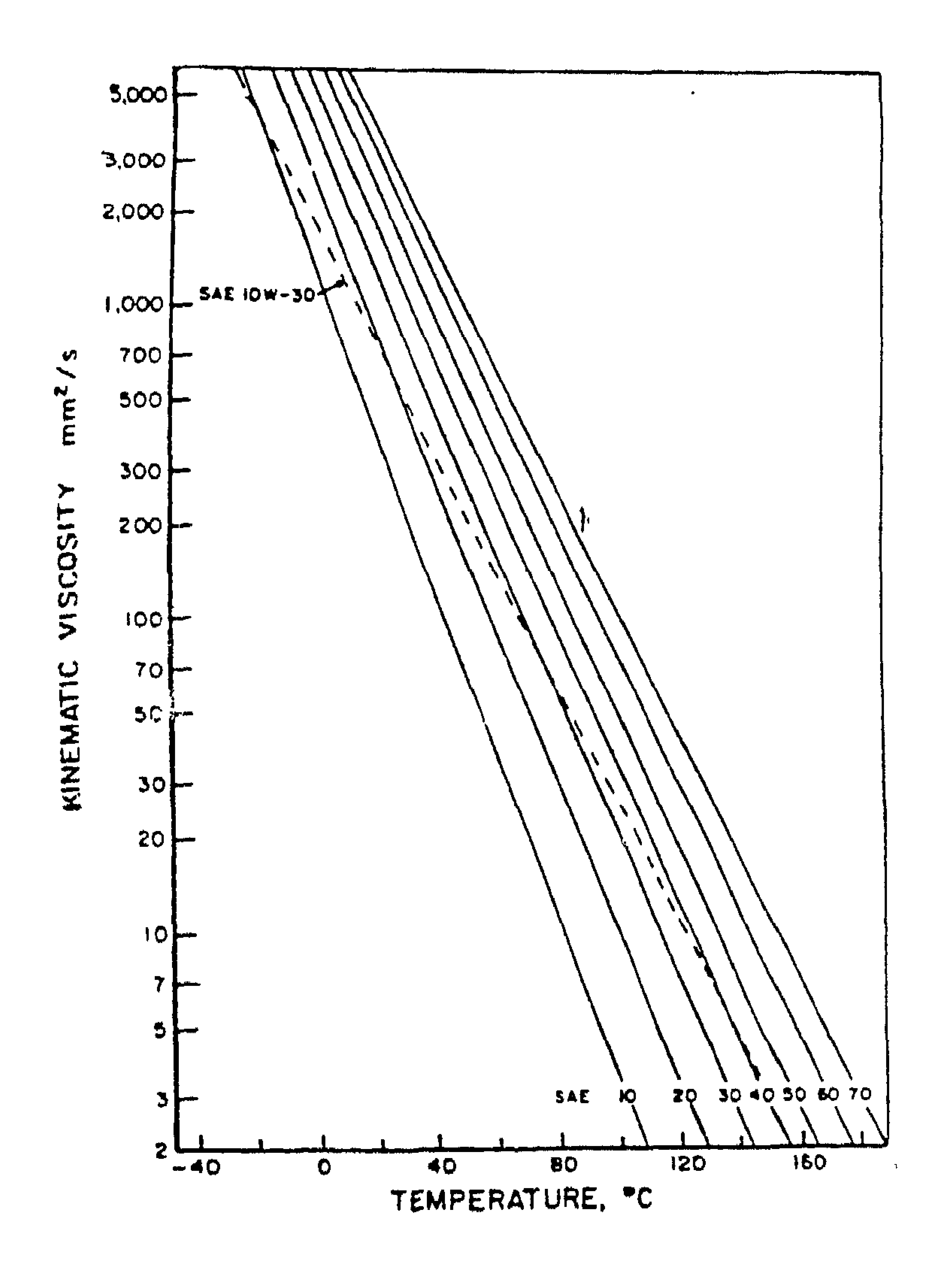
توصف الزيوت المستخدمة المحرك على حسب درجات معينة وضعتها جمعية مهندسى السيارات (SAE) Society Automotive Engineers أساساً على حسب درجة لزوجتها (Viscosity) عند درجة حرارة -18°C (صفر فهر نهيت) وعند 99°C (210° فهر نهيت) كما هى مبينة فى جدول (1-5)

جدول (1-5): تقسيمات لزوجة زيت المحرك طبقاً للـ SAE

SAE No.	Viscosity Units[2]	At 18°C (8)		At 99°C (210°F)	
		Min	Max	Min	Max
5W	mPa.s	-	1.200	3.4	-
	mm²/s	-	1.300	3.8	-
	SUS	-	6.000	38.4	-
10W	mPa.s	1.200	2.400	3.7	-
	mm²/s	1.300	2.600	4.1	-
	SUS	6.000	12.000	39.5	-
10W	mPa.s	2.400	9.600	5.0	-
	mm²/s	2.600	10.500	5.6	-
	SUS	12.000	48.500	44.2	-
20	mm²/s	-	-	5.7	9.6
	SUS	-	-	45.0	58.0
30	mm²/s	-	-	9.6	12.9
	SUS	-	-	58.0	70.0
40	mm²/s	-	-	12.9	16.8
	SUS	-	-	70.0	85.0
50	mm²/s	-	-	16.8	22.7
	SUS	-	-	85.0	100.0

W = winter

وهنـاك زيـوت ذو درجـات مختلفـة (Multi Grade Oil) مثـل 5W-20 وذلـك لتناسب درجات الحـرارة المختلفـة. ويوضـح شـكل (5-2) العلاقـة بـين درجـة حـرارة الزيـت واللزوجـة للأرقـام المختلفـة للزيـوت. ويلاحـظ أن الزيـت متعـدد الأرقـام (5W-20) لا تتغير لزوجته بتغير درجة الحرارة بالمقارنة بالزيوت أحادية الأرقام



شكل (5-2) العلاقة بين درجة حرارة الزيت ولزوجته للأرقام المختلفة للزيوت

ويقسم المعهد الأمريكي للنفط American Petroleum Institute (API) زيوت المحركات تبعاً لنوع المحرك وقدرته على التحميل وفيما يلى أهم أصنافها.

الرمز	نوع المحرك	مجال الاستعمال
SD	بنزين	المحركات عالية التحميل
SE	بنزين	المحركات ذات التحميل العالى جداً
CC	بنزين ديزل	ذات التحميل العادى
CD	ديزل	ذات التحميل العالى جداً

وقد نجد على بعض عبوات الزيوت بعض الاختصارات كالآتية:

ML, MM, MS, DS, DM, DG ويعنى ذلك

ML: زيت لمحرك خفيف Motor Light

MM: زيت لمحرك متوسط Motor Medium

MS: زيت لمحرك ثقيل (خدمة) Motor Service

DG: زيت لمحرك ديزل خفيف Diesel General

DM: زيت لمحرك ديزل متوسط Diesel Medium

DS: زيت لمحرك ديزل ثقيل (خدمة) Diesel Service

يتأكسد الزيت داخل المحرك بتفاعله مع الكربون المتخلف من الشحنة (خليط الهواء + الوقود) ويتغير لونه إلى اللون الأسود ويفقد خواصه بمرور الوقت، كما يتلون الزيت أيضاً بواسطة الغبار والأتربة ومخلفات التآكل لذلك يجب تغيير زيت المحرك بعد تشغيل المحرك لفترة معينة تتراوح بين 2000 إلى 5000 km للسيارات ومن الأفضل تغيير الزيت على فترات أقصر فى الصيف نظراً لارتفاع درجة الحرارة مما يؤدى بالزيت إلى فقد خواصه بشكل أسرع.

وعند تغيير الزيت يجب التأكد من لزوجة الزيت المناسبة لفصل السنة (صيفاً/ شتاءاً) بصفة خاصة. ويمكن استعمال الزيت متعدد الدرجات فى كل الأحوال

السنة، كما يجب أن يكون المحرك ساخناً عند تغيير الزيت حيث يكون الزيت أقل لزوجة وينساب بسهولة وبذلك يمكن التخلص من الرواسب بشكل جيد.

ويجب أن يضاف الزيت والمحرك ساكن للأسباب الآتية:

1-لأنه بإضافة الزيت والمحرك مدار تنخفض لزوجة الزيت حيث اللزوجة تتناسب عكسيا مع درجة الحرارة وبذلك يكون المحرك يعمل فى منطقة عدم الثبات (Unstable)

2- بإضافة الزيت والمحرك ساكن يمكننا قياس منسوبه الحقيقى اما بإضافة الزيت والمحرك مدار يحدث طرطشة للزيت، ولا يعطى قراءة صحيحة لتدل على منسوبه الحقيقى.

دورة التزييت: LUBRICATION SYSTEMS

دورة التزييت فى المحركات تعمل على سحب الزيت من حوض الزيت (علبة الكارتير) وضخه إلى مواضع التزييت ومنها يعود الزيت إلى حوض الزيت مرة أخرى. وأهم الأجزاء التى تحتاج إلى تزييت هى كراسى عمود الكرنك الثابتة والمتحركة، كراسى عمود الكامات، بنز المكبس، جدران الاسطوانات، عمود التاكيهات، دليل الصمام، تروس التوقيت.

طرق التزييت:

يصل الزيت إلى أجزاء المحرك المختلفة بعدة طرق منها:

1- طريقة التزييت بالرش Splash Lubrication System

2- طريقة التزييت بخلط الزيت مع الوقود.

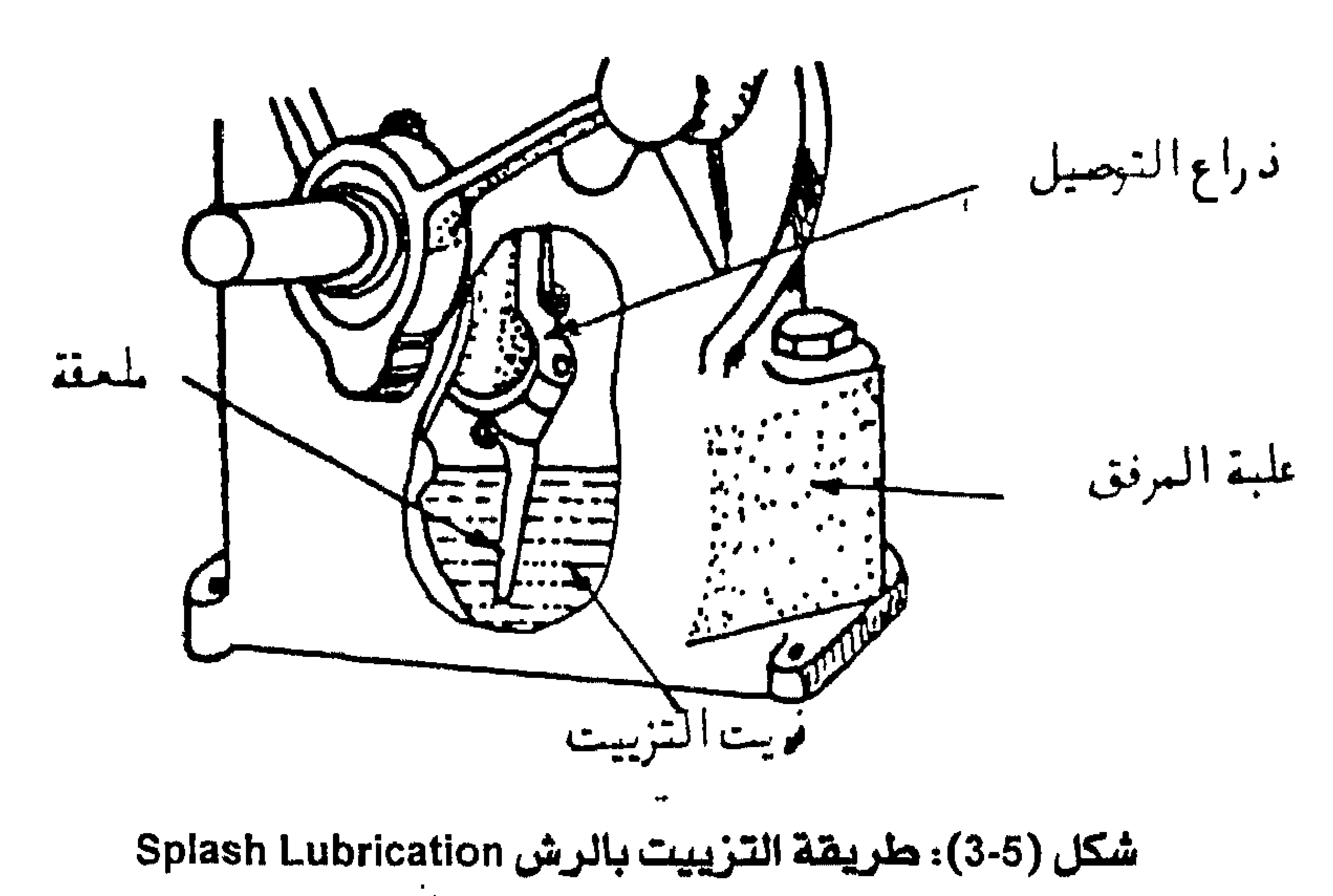
3- طريقة التزييت بالضغط (التزييت الجبرى)

Forced Feed Lubrication system

وفيما يلى شرح لكل من هذه الطرق:

1- التزييت بالرش (الطرطشة): Splash Lubrication

تستخدم هذه الطريقة فى المحركات القديمة ذات السرعات البطيئة والأحمال الخفيفة وفى بعض المحركات الصغيرة ذات الأسطوانة الواحدة وهى ابسط طرق التزييت ويوضح شكل (3-5) طريقة التزييت بالرش، وفيها تكون علبة الكرنك مغلقة، حيث يحفظ بها مقدار من زيت التزييت بمستوى مناسب بحيث تنغمس فيه ملعقة مثبته بالنهاية الكبرى لذراع التوصيل أثناء حركته فيعمل على رش الزيت داخل المحرك فيصل الى جدران الاسطوانة وبقية الأجزاء الداخلية للمحرك لتزييتها مثل بنز المكبس وبنز الكرنك وكراسى المحاور. وفى الغالب توجد أحواض فى مستوى أعلى من عمود الكامات وكراسى المحاور تستقبل الرذاذ العائد الى أسفل حيث يوزع منها الزيت المتجمع فيها بطريقة التثاقل إلى كراسى المحاور وكراسى عمود الكامات عن طريق فتحات توصل بها.



شكل (3-5): طريقة التزييت بالرش Splash Lubrication

عيوب التزييت بالرش:

1- عدم انتظام عملية التزييت وذلك لعدم ثبات سطح الزيت داخل علبة الكرنك على منسوب واحد بل يتغير بتغير سرعة المحرك. ففى السرعة العالية لا يجد الزيت الوقت الكافى لرجوعه إلى العلبة بعد قيامه بعملية التزييت فينخفض سطحه وبالعكس عند نقص السرعة يرتفع سطحه.

2- تكرار استعمال الزيت دون تنقيته.

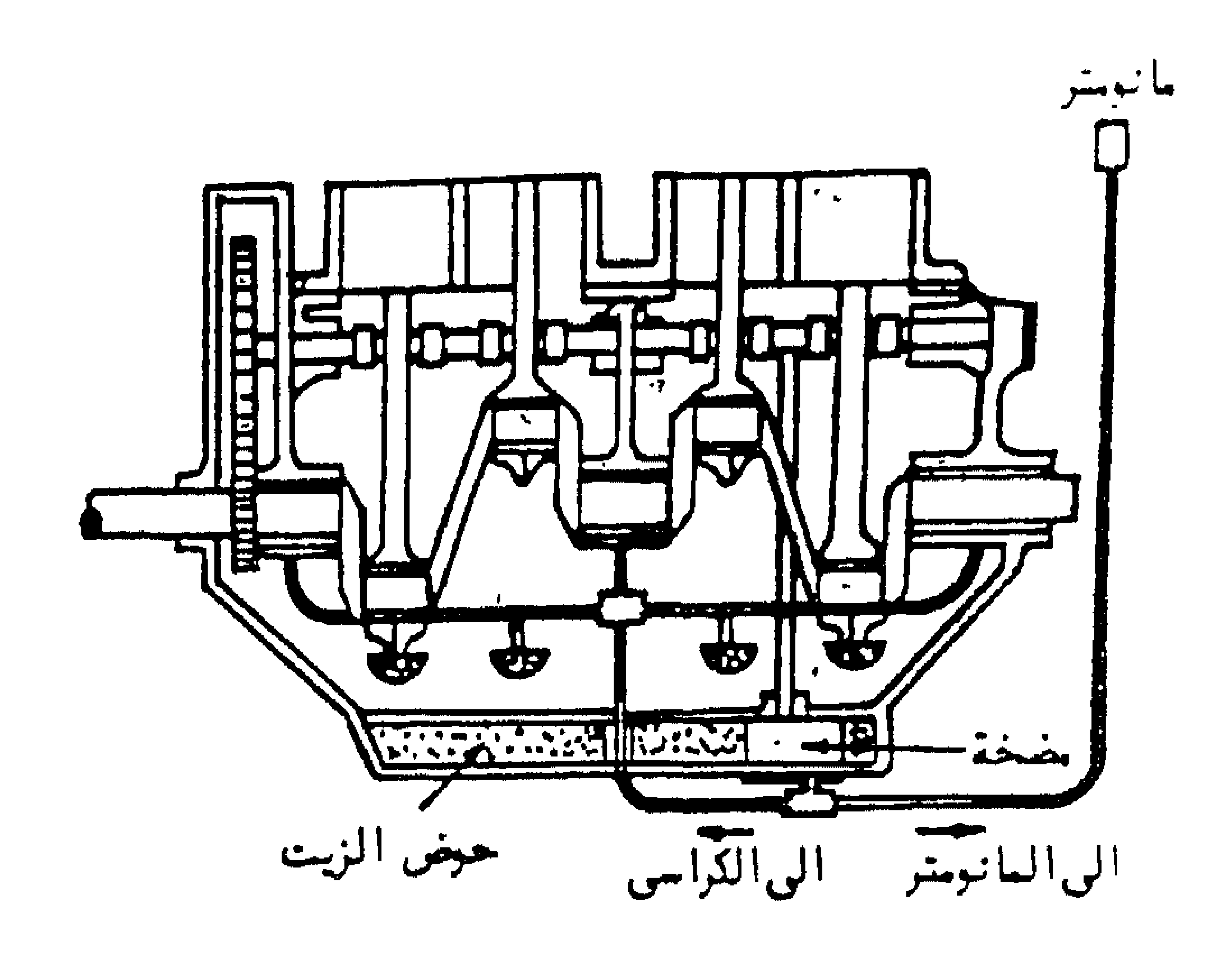
3- اختلاف كمية الزيت الواصلة إلى الأسطوانة المختلفة فى المحركات المتنقلة العديدة الأسطوانات

قد ادخلت على الطريقة السابقة عدة تحسينات منها عمل أحواض منفصلة لكل اسطوانة ثم استعمال مضخة لتغذية هذه الأحواض بالزيت من قاع العلبة وذلك بعد امراره بمصفاة تعمل على تنقيته قبل وصوله إلى الأحواض. وبذلك يمكن حفظ منسوب سطح الزيت ثابتا تقريبا فى بعض الأحواض مهما كان ميل المحرك علاوة على استمرار تنقية الزيت قبل استعماله.

ويوضح شكل (5-4) رسما تخطيطيا لطريقة التزييت بالضغط والرش فالمضخة مغمورة فى قاع المرفق وتوزع الزيت إلى فرعين إحداهما الى جهاز قياس الضغط (مانومتر) والآخر الى كراسى المحاور وأحواض الزيت التى تغمس فيها النهايات الكبرى لأذرع التوصيل لرش الزيت.

2- التزييت بخلط الزيت مع الوقود

يقتصر استخدام هذا النوع من التزييت على المحركات الثنائية الأشواط حيث يخلط الزيت مع الوقود بنسبة 1 :25 أو بنسبة 1 :40 أى يضاف لتر واحد من الزيت لكل 25 أو 40 لتر من البنزين ويسحب خليط البنزين والزيت إلى علبة الكرنك حيث يتم تزييت كل الأجزاء المتحركة بها وهذا النوع من التزييت لا ينقل الحرارة إلا بقدر ضئيل وعند استخدام هذا النوع من التزييت يجب استخدام زيت نقى ويكون معدل استهلاك الزيت أعلى منه من الأنواع الأخرى لأن الزيت المختلط بالبنزين يحترق فى غرفة الاحتراق.

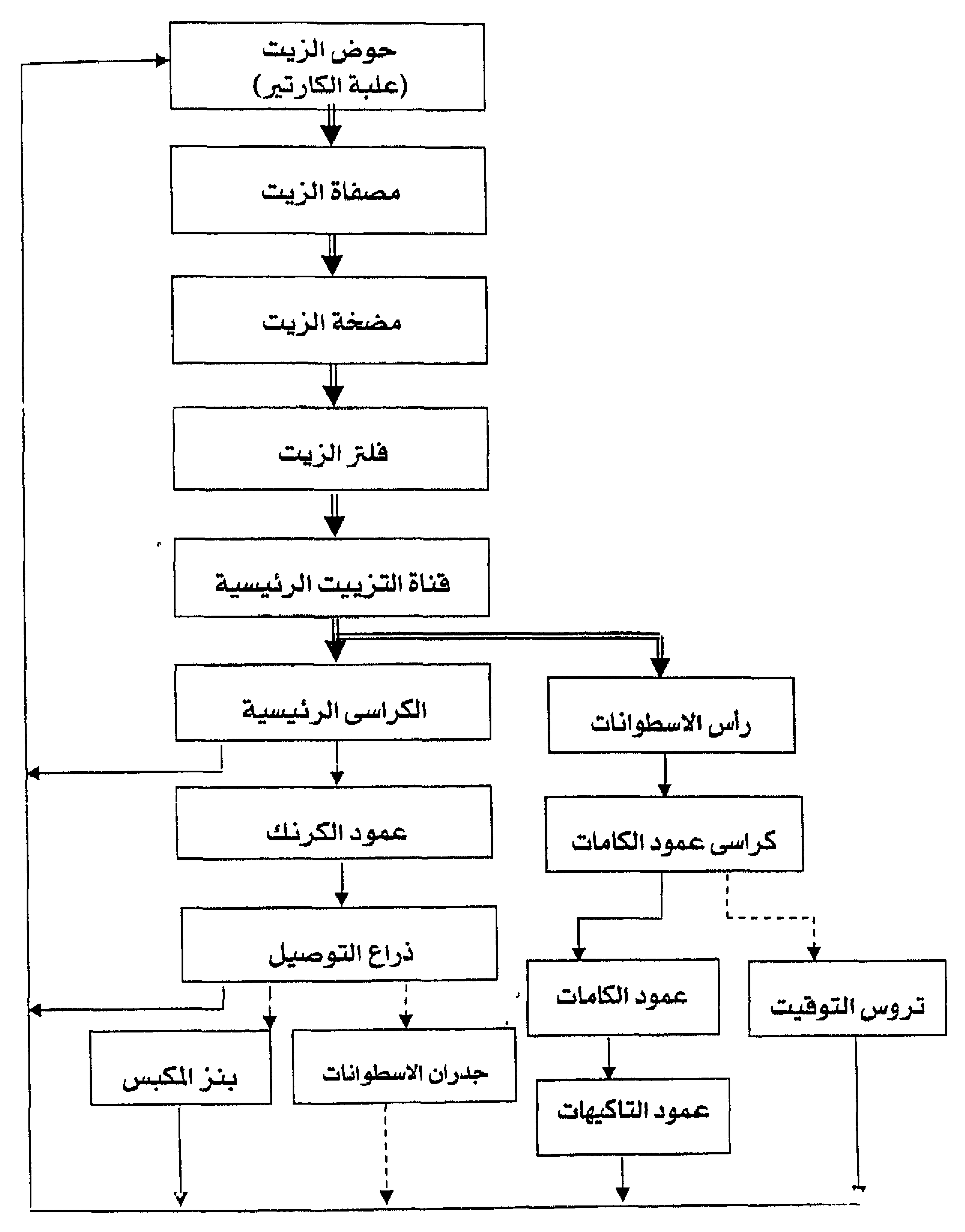


شكل (5-4): رسما تخطيطيا لطريقة التزييت بالضغط والرش

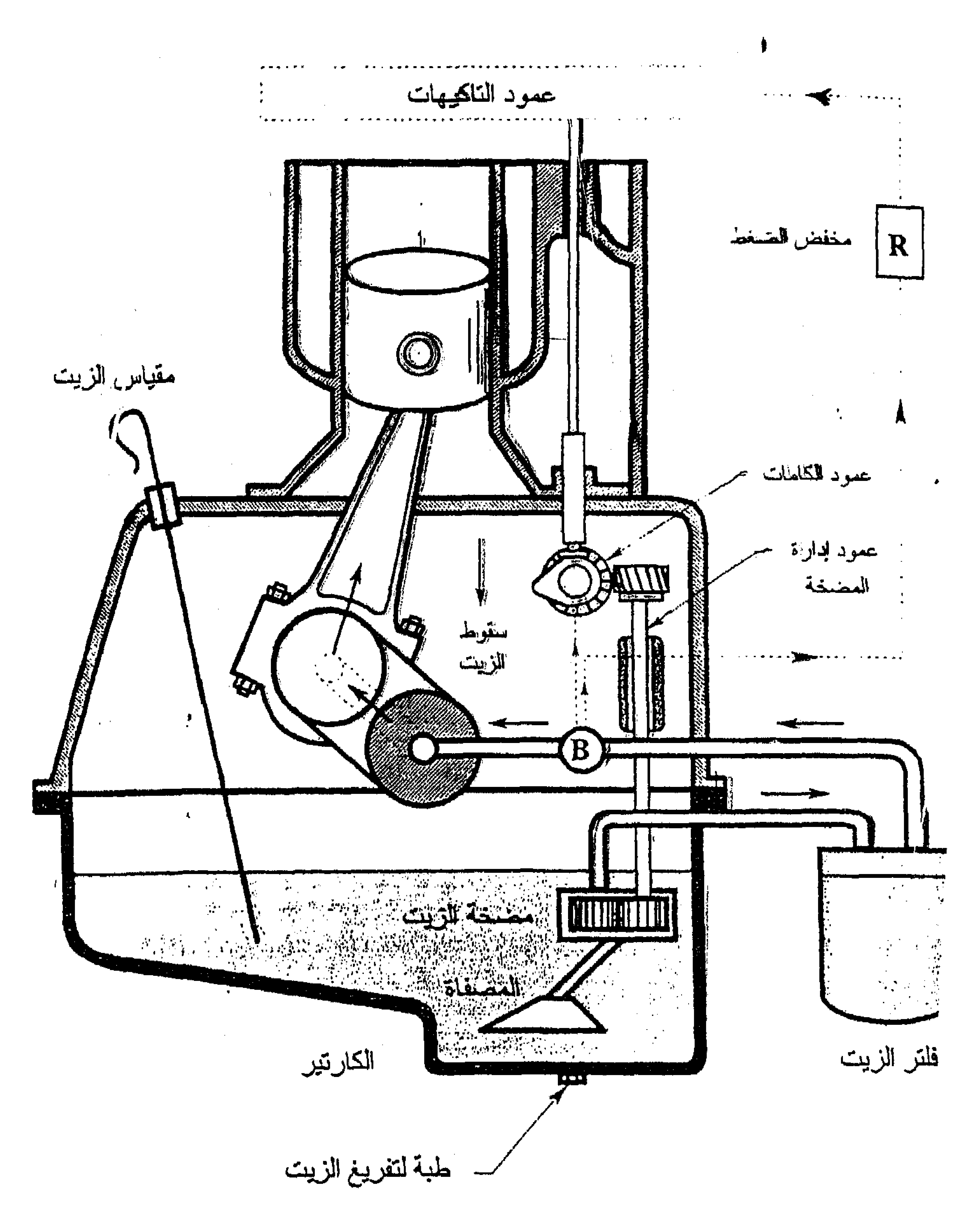
3- التزييت بالضغط (التزييت الجبرى): Forced Feed Lubrication system

نظام التزييت الجبرى هو النظام الشائع الاستخدام فى تزبيت المحركات. وفى هذا النظام يمر الزيت خلال دورة كاملة حيث يتم سحبه من خزان الزيت (علبة الكارتير Oil sump) فى أسفل المحرك ليؤدى وظيفته فى تزييت أجزاء المحرك المختلفة، ثم يسقط بفعل الجاذبية إلى الكارتير مرة أخرى. فى هذه الطريقة يتم تزييت جميع كراسى المحاور وبنز المرفق وبنز المكبس وروافع الصمامات وكراسى عمود الكامات وتروس التوقيت بطريقة الضغط. فيصل الزيت بواسطة ضغط المضخة إلى جميع هذه الأجزاء. ويصل الزيت الى بنز المكبس عن طريق ممر مثقوب بذراع التوصيل أما الزيت المتناثر من حول بنز المكبس والنهاية الكبرى لذراع

التوصيل فيعمل على تزييت جدران الأسطوانة.. و يوضح شكل (5-5) مخطط دورة التزييت بالضغط. كما يوضح شكل (5-6) نموذج للتزييت المحرك بالضغط.



شكل (5-5): مخطط دورة التزييت بالضغط



شكل (5-6): نموذج للتزييت المحرك بالضغط

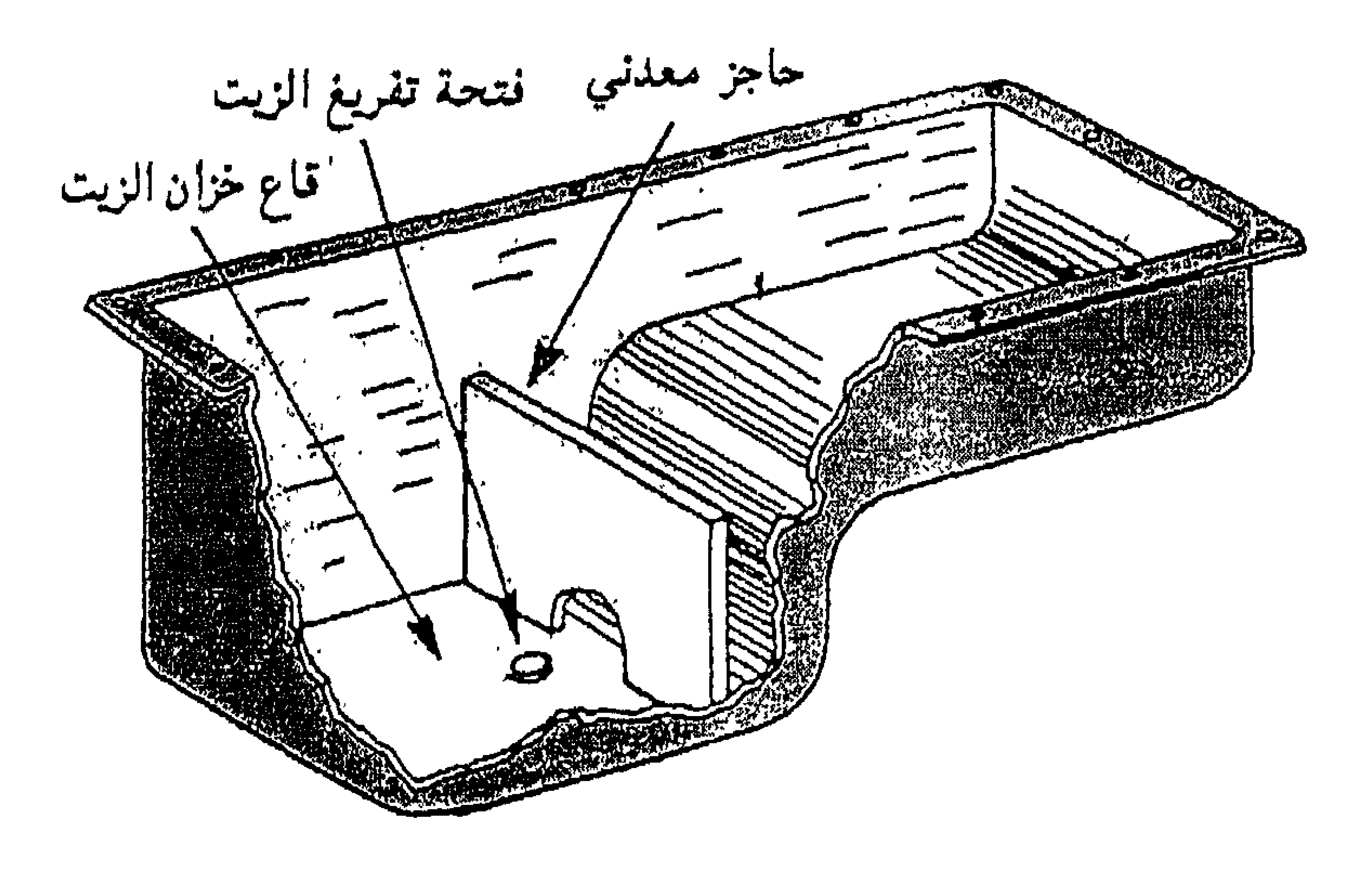
ويلاحظ فى الشكل ان الزيت يخرج الزيت من علبة الكارتير بواسطة مضخة الزيت التى تأخذ حركتها من عمود الكامات، ويمر كل زيت التزييت او بعضه خلال فلتر الزيت لتنقية من أى شوائب لحماية أجزاء المحرك وتفادى انسداد ممرات الزيت، ويخرج الزيت بعد ذلك من الفلتر الى الأنبوبة الرئيسية التى تدفع الزيت الى الكراسى الرئيسية ثم عمود الكرنك والكراسى الخاصة به وعمود الكامات والكراسى الخاصة به و ودلائل الصمامات..... الخ. ويلاحظ وجود صمام مخفض لضغط الزيت المندفع الى عمود التاكيهات.

يتكون جهاز التزييت من حوض (خزان) الزيت ومضخة الزيت ومرشح الزيت ومنظم الضغط ومصفاه. وبعض المحركات بها منظم للحرارة أو مشع لتبريد الزيت، وفى الوقت الحاضر تزود علبة الكارتير بفتحة تهويه لغرض طرد الغازات التى تؤثر على جودة الزيت كما تعمل التهوية على تبريده. وفيما يلى شرحاً لمكونات دورة التزييت بالضغط.

1- خزان الزيت Oil sump

وهو الحوض الذى يجمع فيه زيت التزييت (علبة الكارتير) وهو عبارة عن علبة مثبتة فى الجزء السفلى من كتلة الأسطوانات بواسطة وجوان لمنع التسرب. والغرض منه تخزين كمية معينة من الزيت والحفاظ على مستوى الزيت بحيث يكون ثابتاً ومناسباً للمضخة خاصة أثناء صعود هبوط المرتفعات ولذا تكون قاعدته ذات مستويين مختلفين كما يوضح شكل (5-7). ويجهز حوض الزيت بحواجز معدنية لمنع تلاطم الزيت.

يحتوى خزان الزيت على فتحة تفريغ Drain plug ويكون موقعها فى أسفل نقطة من وعاء الزيت ويمكن بعد فك السدادة تفريغ الزيت من المحرك، وبعض هذه السدادات تكون ممغنطة من الداخل وذلك لالتقاط الشوائب المعدنية التى تتراكم داخل وعاء الزيت نتيجة احتكاك أجزاء المحرك.



شكل (5-7): خزان الزيت (علبة الكارتير)

2- مقياس مستوى الزيت Dipstick

هو عمود معدنى طويل يدخل إلى علبة الكارتير فى المحرك من خلال أنبوبة مثبتة فى كتلة الاسطوانات، حيث تغمر نهاية المقياس داخل الزيت والغرض منها تحديد مستوى الزيت الموجود فى وعاء الزيت.

ويجب الكشف على مستوى الزيت فى الكارتير بصفة دورية وعلى فترات متقاربة ويفضل أن يتم ذلك قبل تشغيل المحرك لضمان وجود كل الزيت فى علبة الكارتير ويجب التأكد من أن مستوى الزيت بين علامة Min (أدنى مستوى للزيت) والعلامة Max (أعلى مستوى الزيت) على مقياس الزيت، فإذا اقترب مستوى الزيت من الحد الأدنى يجب إضافة قليل من الزيت إلى المحرك لمعادلة هذا النقص على أن لا يزيد على الحد الأعلى.

3- مصفاة الزيت: Strainer

الغرض منها تنقية الزيت من المواد الغريبة ومنعها من الوصول مع تيار الزيت إلى أجزاء المحرك. وهى عبارة عن شبكه سلكيه دقيقة الفتحات توضع فى حوض الزيت. ويمر بها قبل دخوله إلى المضخة.

4- مضخة الزيت: Oil pump

وظيفتها ضغط الزيت داخل مسارات خاصة وأنابيب الى مختلف أجزاء المحرك التى تحتاج إلى تزييت. وأما ان تغمر المضخة فى زيت علبة المرفق وأما أن توضع خارج العلبة فى مستوى أعلى من مستوى الزيت فيها حيث تمتص الزيت عن طريق أنابيب تصلها بزيت علبة المرفق. وتدار المضخة بواسطة تعشيقه تروس من عمود الكامات وهناك أنواع عديدة من مضخات الزيت منها:

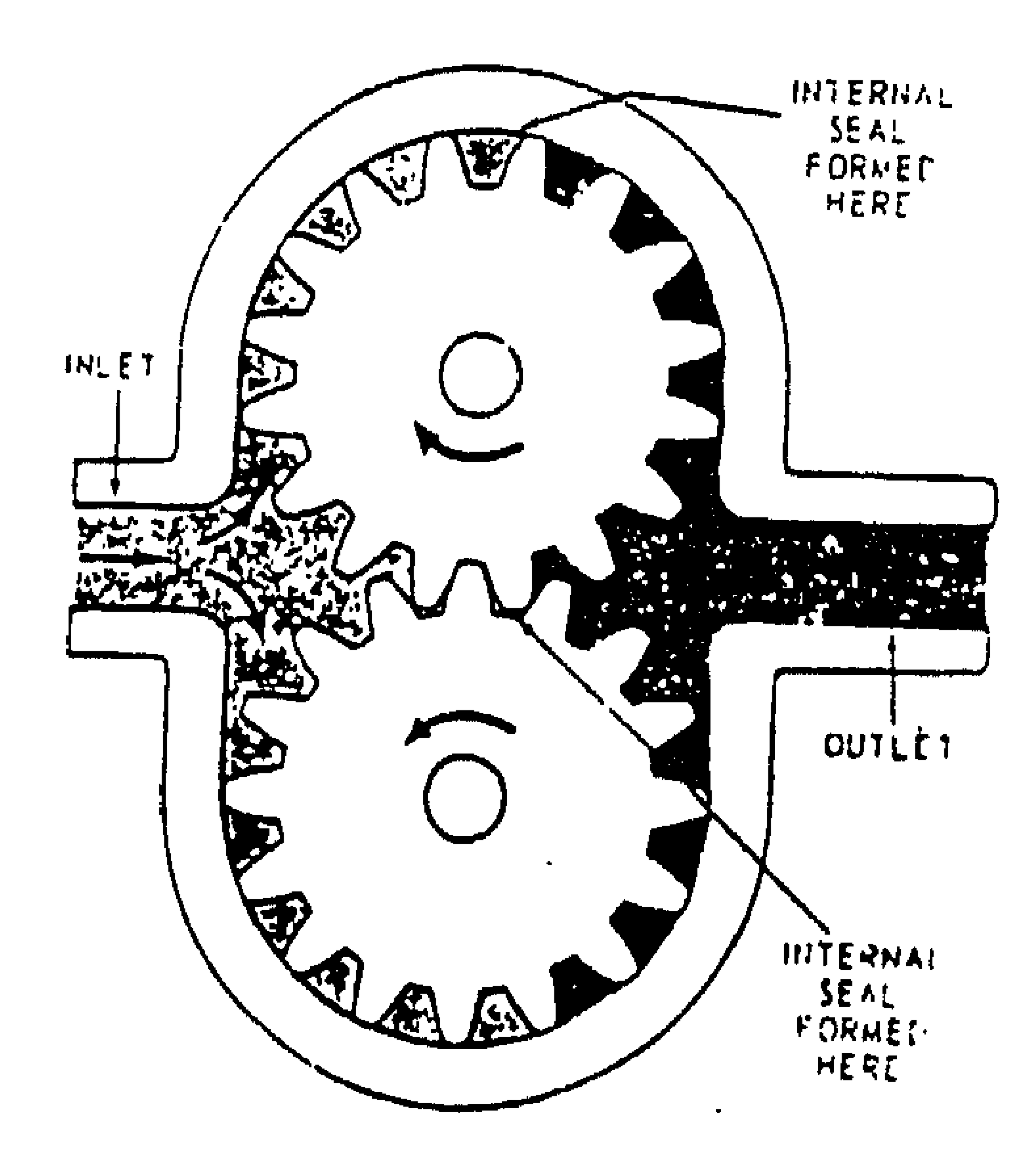
- المضخة ذات التروس: Gear-type oil Pump

هى أبسط أنواع المضخات وأكثرها استعمالا ويتركب من ترسين معشقين مع بعضهما ومحفوظين داخل غلاف كما يوضح شكل (5-8) ويكتسب أحد الترسين حركته من المحرك، أما الثانى فيدور حرا حول محوره عن طريق تعشيقه مع الترس الأول وتكون المضخة مغمورة فى الزيت. فعند دوران الترسين كما هو مبين بالأسهم يدخل الزيت فى المسافة التى بين الأسنان وجدران الغلاف حيث تكون عبارة عن جيوب ينحصر فيها الزيت ويحمل من المدخل الى المخرج حيث يطرد من بين الأسنان عند تعشيقها فيندفع الزيت الى ماسورة التوزيع. ويمنع الزيت من الرجوع إلى جهة الداخل بأن تكون تعشيقة الأسنان مناسبة تماما كما أن الخلوص بين الترسين وجدران الغلاف يكون ضئيلا جدا.

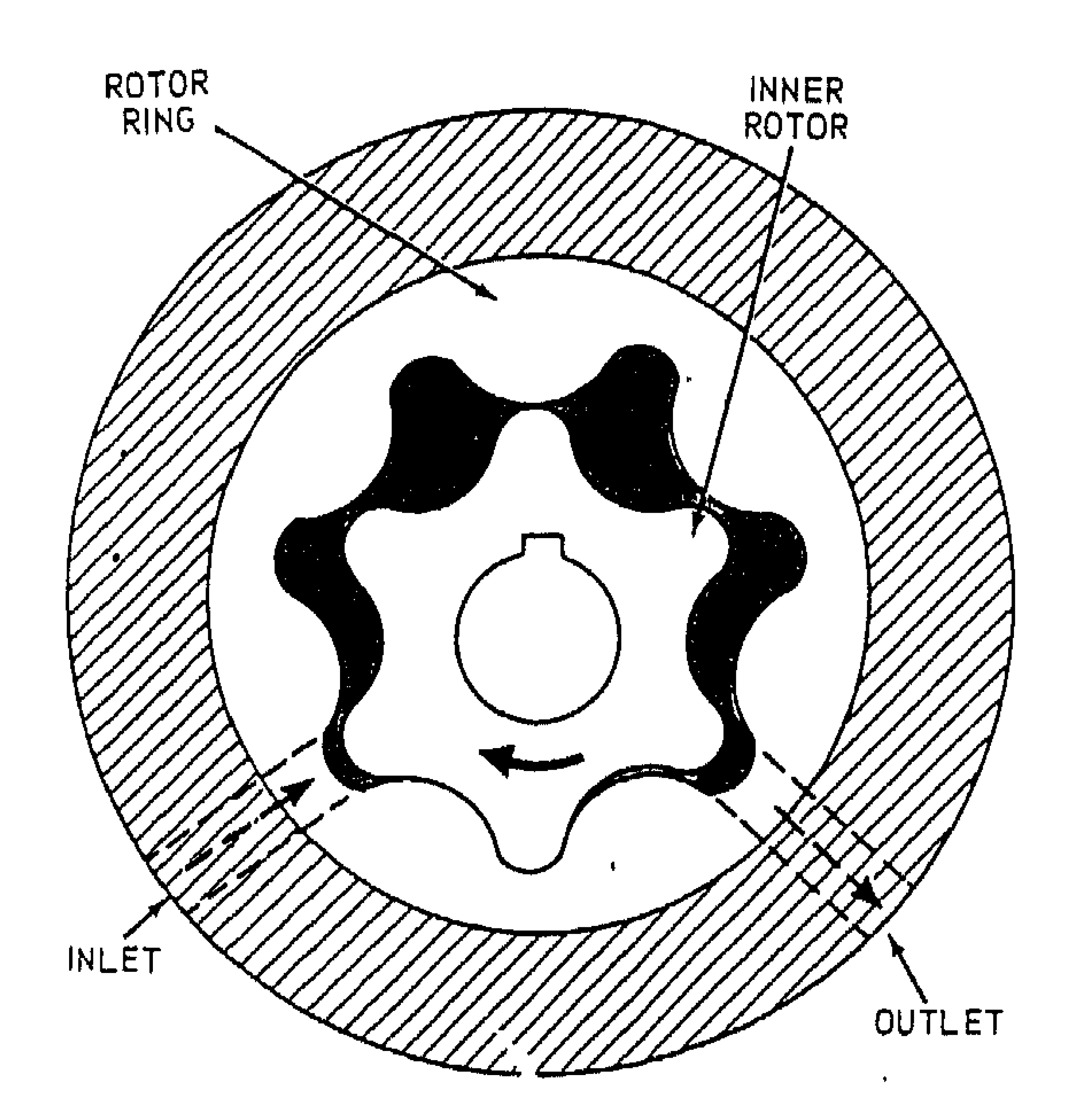
- مضخة الزيت الدورانية Rotary Pump

تعتبر المضخة الدورانية من الأنواع البسيطة فى التصميم وهى عبارة عن قرص ذو نتوؤات مستديرة يدور داخل قرص آخر ثابت وعدد النتوؤات بالقرص الداخلى أقل بواحدة من عدد النتوؤات بالقرص الخارجى كما هو موضح بالشكل (5-9) وعلى

ذلك فإنه عند التشغيل نجد أن نتوء واحد فقط من القرص الداخلى يجب أن يعشق مع القرص الخارجى وهذا يسمح للنتؤات الأخرى بالانزلاق على النتؤات الخارجية. وبدوران القرص الداخلى يعمل على سحب وطرد الزيت الموجود بين النتؤات من فتحة السحب والطرد على التوالى.



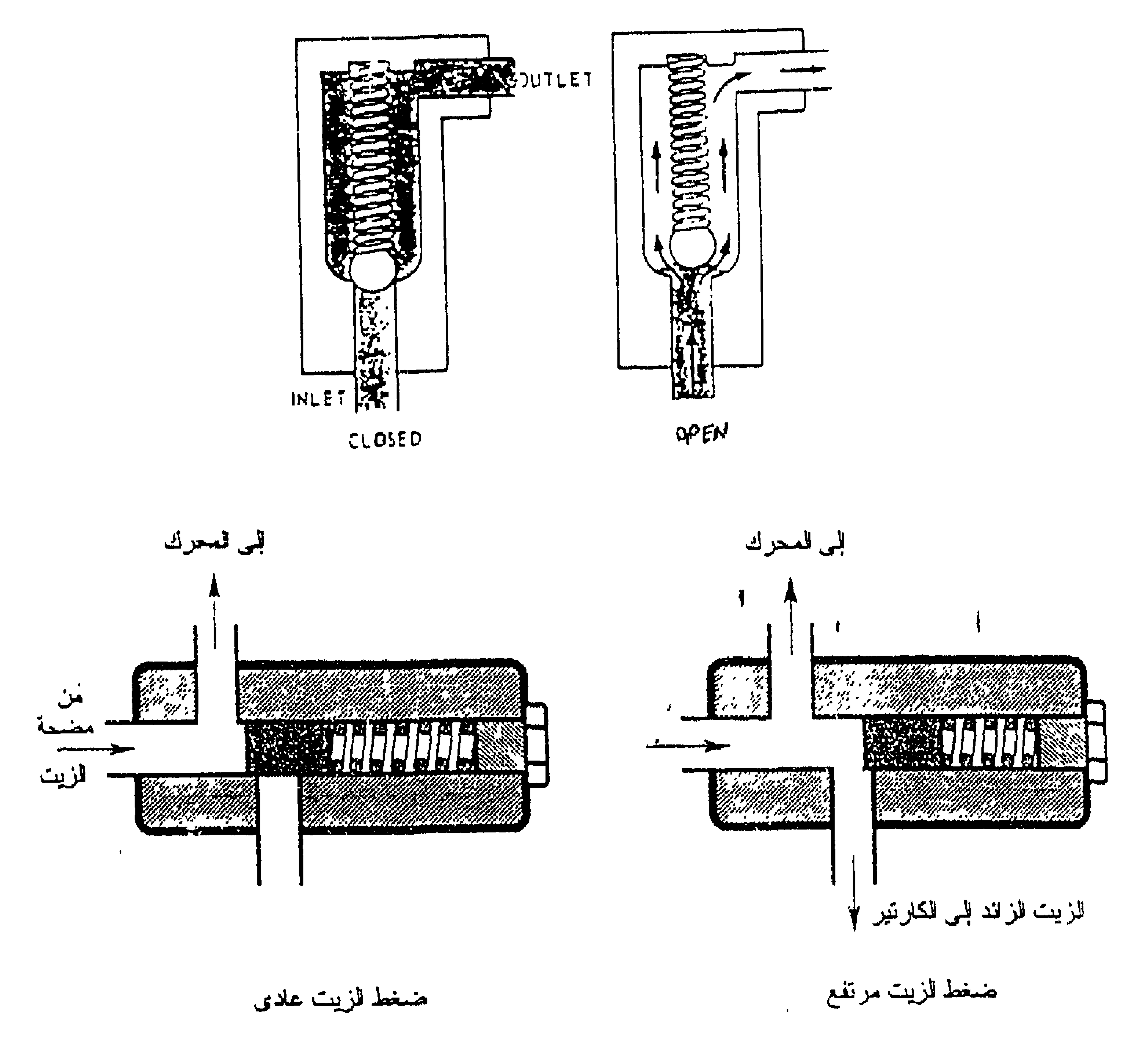
شكل (5-8): المضخة ذات التروس



شكل (5-9): المضخة الدورانية

5- صمام الفائض (صمام تنظيم الضغط) Oil pressure relief valve

تصنع مضخة الزيت بحيث تكون قادرة على تغذية أجزاء المحرك بكمية من الزيت أكبر مما تحتاج إليها. ولتخفيف ضغط الزيت عندما يدور المحرك بسرعة مرتفعه تزود بصمام فائض. وبغرض الاحتفاظ بضغط ثابت ومعدل سريان منتظم للزيت فى الدورة فإن مضخة الزيت تكون مصممة بحيث تعطى كمية من الزيت أكثر مما يحتاجه المحرك. ويوضح شكل (5-10) صمام الفائض المستخدم في دورة التزييت، ويتركب صمام الفائض من كره تحفظ على قاعدتها بضغط ياى فإذا ما زاد ضغط الزيت فى ماسورة الطرد عن ضغط الياى فتح الصمام لتصريف جزء من الزيت ويعود الزيت الزائد إلى علبة الكارتير..



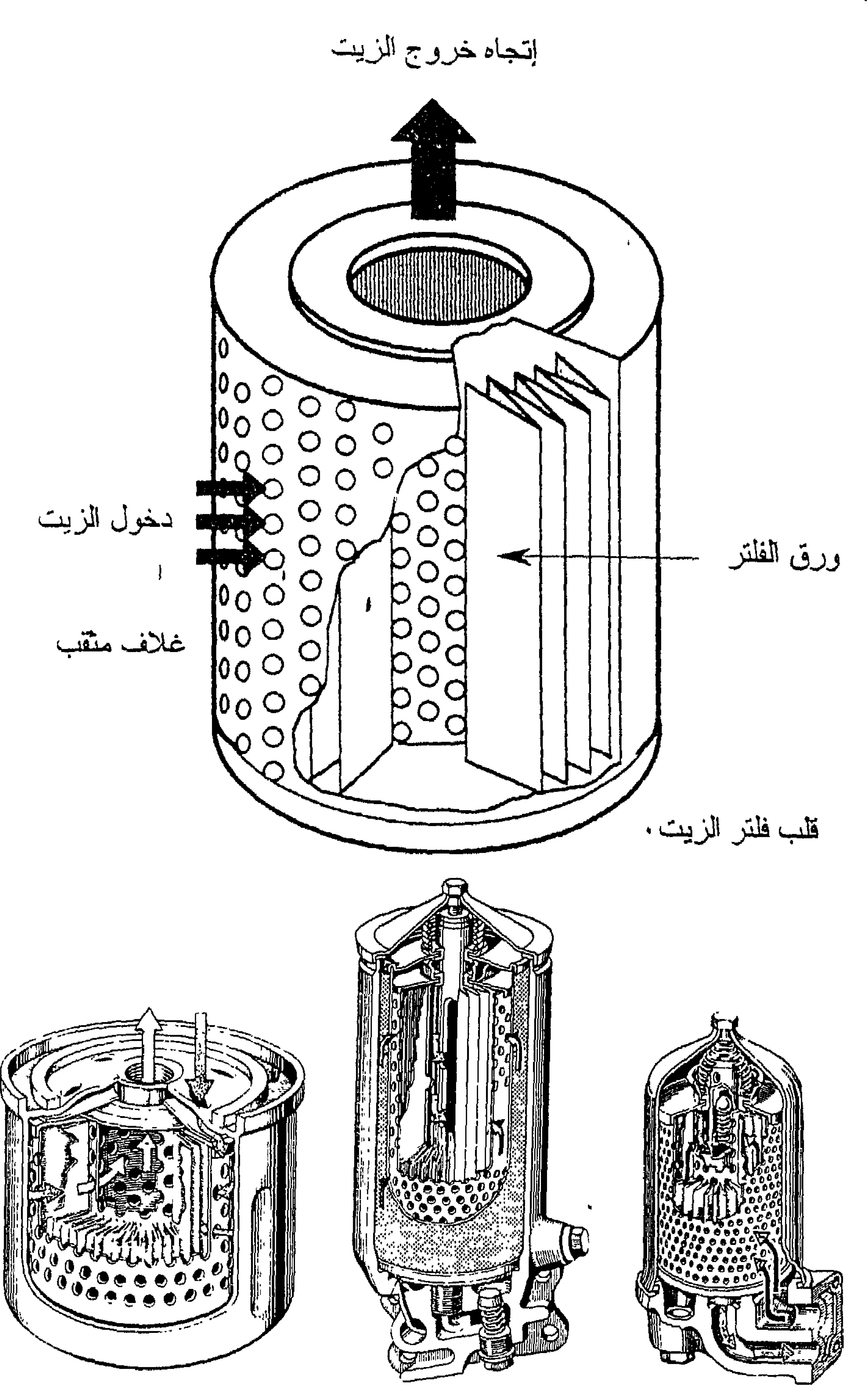
شكل (5-10): صمام الفائض

6- مرشح (فلتر الزيت) Oil filter

لا يبقى زيت التزييت على حالته النقية، وانما يتعرض أثناء تشغيل المحرك للتلوث باحتوائه على جزيئات دقيقة معدنية نتيجة تآكل أجزاء المحرك، وبالأتربة وجزيئات من رواسب الكربون المتكون على جدران الأسطوانة، وعندما ترتفع درجة حرارة المحرك بدرجه عالية يصبح الزيت صمغى القوام، مكونا نواتج راتينجية وشبه ورنيشية. وجميع هذه الشوائب الضارة تؤدى إلى سرعة تآكل أجزاء المحرك، ولذلك تزود مجموعة تزييت المحرك بمرشح يعمل على حجز هذه الشوائب من الزيت. وبذلك يقل التآكل فى أجزاء المحرك والناتج من وجود هذه الشوائب الغريبة.

وفلتر الزيت ما هو إلا وسيلة لتنقية الزيت من الكربون والشوائب المتبقيه بعد عملية الاشتعال. وجودة الفلتر يعتمد على مدى حجز هذه الشوائب. ووظيفة الفلتر هى تنقية الزيت من الشوائب والمواد الصلبة مثل الغبار والجسيمات المعدنية وبقايا الاحتراق. وطبيعيا فأنه بمرور الوقت على الفلتر فأن قابليته على حجز الشوائب الصغيرة تزداد ولكن هذا له تأثير عكسى على معدل سريان الزيت من الفلتر نتيجة لانسداد فتحات الفلتر بالرواسب.

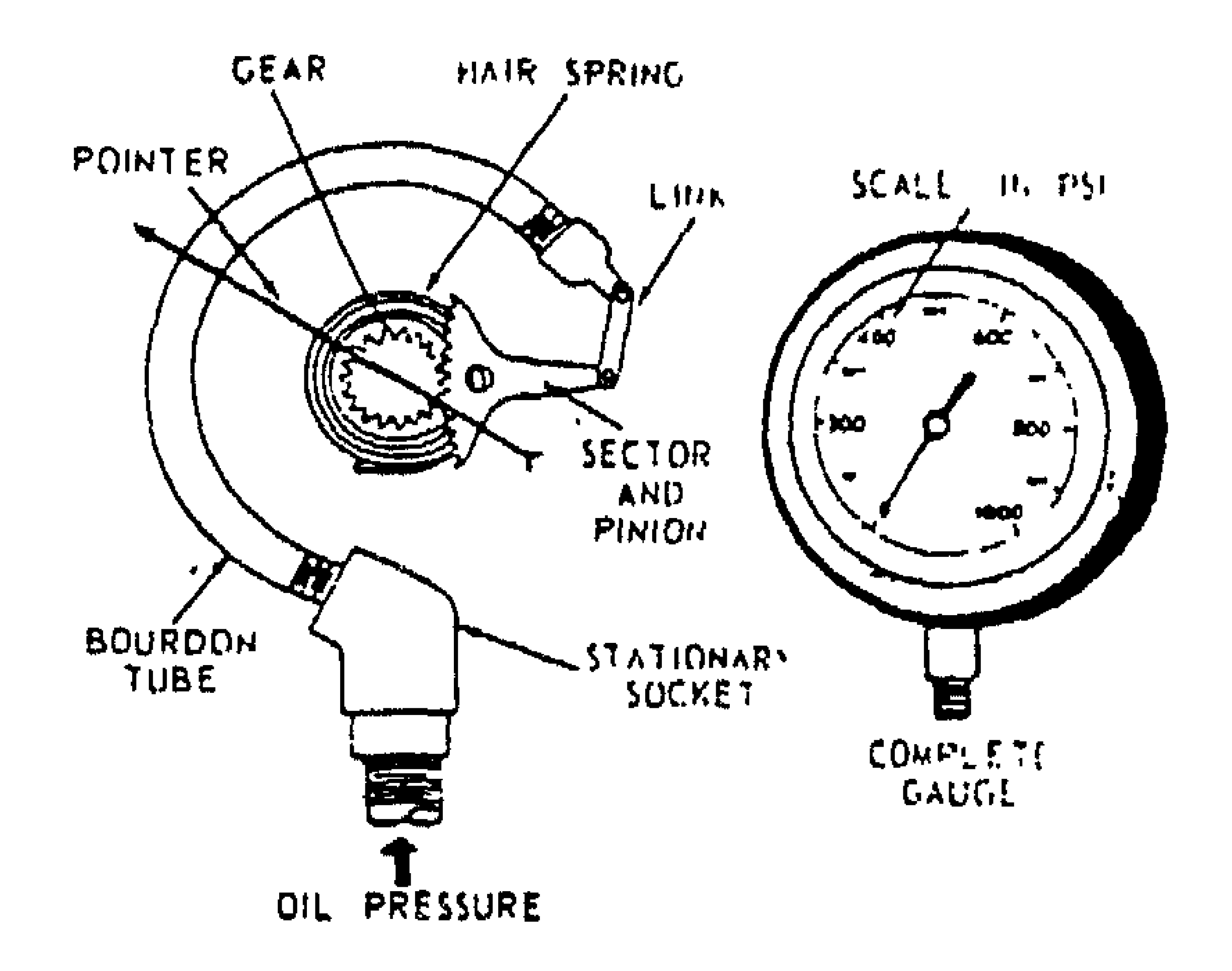
ويجب تغير الفلتر فى الفترة التى عندها يزداد الضغط زيادة مفاجأة. والفلتر يحتوى على ورقة ترشيح من نوع خاص مشكل على شكل زجزاج كما هو موضح بشكل (5-11) حيث يدخل الزيت من فتحة الدخول إلى الفلتر وينحصر بين جسم الفلتر المعدنى وعنصر الترشيح ثم يدخل الزيت إلى الفلتر من الغلاف الخارجى المثقب ويتجه إلى القلب ويمر عبر ورق الترشيح يتم يجمع عند المحور حيث يخرج من الفتحة المركزية لفلتر الزيت.



شكل (5-11): قلب فلتر الزيت ونماذج من فلاتر الزيت

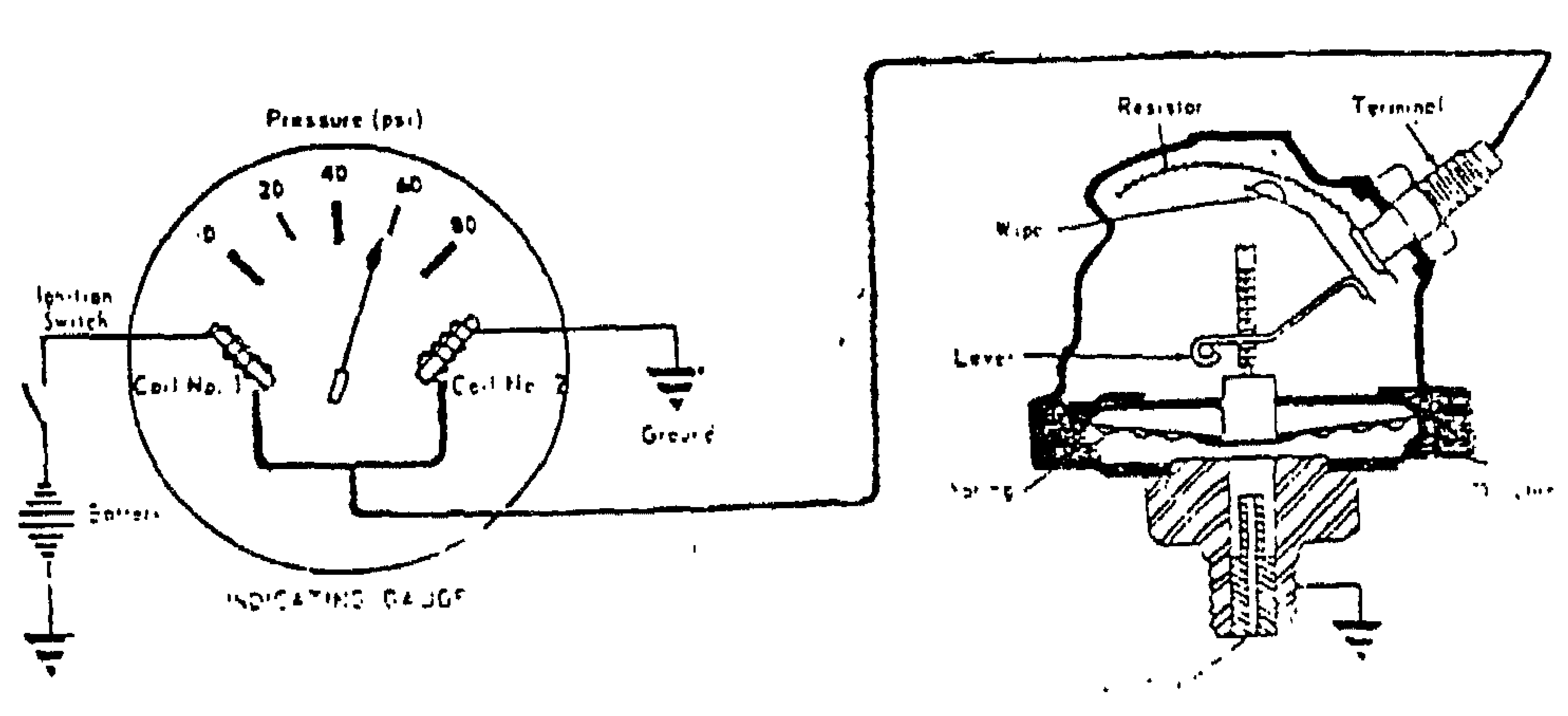
7- مبين ضغط الزيت Oil Pressure Gauges

يستعمل مبين (أمبير) وذلك لبيان ضغط الزيت، إذ يشير المبين إلى ضغط الزيت عند ارتفاعه أو انخفاضه إلى حد أدنى معين. ووظيفة مبين ضغط الزيت هى تحديد مقدار ضغط الزيت داخل مجموعة التزييت بالمحرك، وبذلك يعطى إنذاراً إذا حدث انخفاض فى ضغط الزيت فى مجموعة التزييت إلى حد أدنى معين. ويزود التابلوه الخاص بقيادة القيادة أو لوحة التحكم فى تشغيل أى محرك على مبين لبيان ضغط الزيت هذه المقياس يبين الضغط اللحظى للزيت بصفة مستمرة ويوضح شكل (5-12) إحدى الوسائل المستخدمة لبيان ضغط الزيت فى المحركات وهو عبارة عن أنبوبة على شكل قوس يمر بها الزيت فعند زيادة ضغطه يتمدد هذا القوس محركاً ترس مركب عليه مؤشر يوضح ضغط الزيت. وكذلك يوجد نوع آخر من مبين الزيت يعرف بمبين ضغط الزيت الكهرومغناطيسى كما هو بشكل (5-13) وهو يشبه فى تركيبه وتشغيله مبين مستوى سطح الوقود فى خزان الوقود السابق ذكره. فعند تغير ضغط الزيت الواقع على الغشاء يسبب دفع الذراع مسبباً تغيراً فى قيمة المقاومة الكهربائية فيسبب فى تغير فى شدة التيار المار إلى الملف الكهرومغناطيسى. وفى كثير من الأحيان يتم بيان ضغط الزيت عن طريق مصباح تحذير ضغط الزيت Oil Warming unit كما هو موضح فى شكل (5-14) فإذا ارتفع ضغط الزيت أو حدث أى تغير فى الدورة تضاء هذه اللمبة لتنبه السائق أن هناك خللاً فى دورة التزييت.



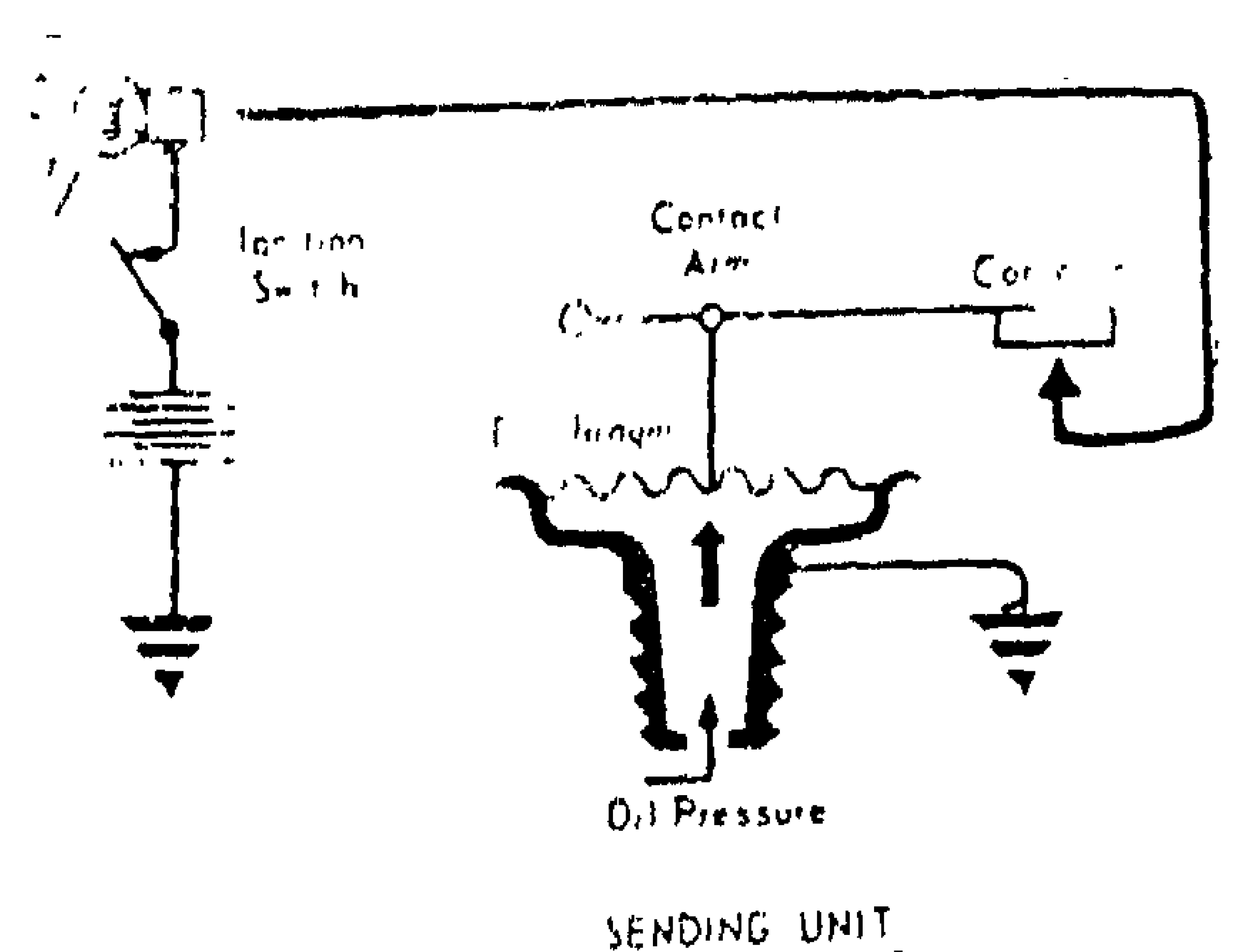
Bourdon Tube Oil Gauge

شكل (5-12): مبين ضغط الزيت الذى يعتمد على تمدد أنبوبة



Electromagnetic Coil System For Indicating Oil Pressure

شكل (5-13): مبين ضغط الزيت الكهرومغناطيسى



Pressure Sw... System for Indicating Oil Pressure

شكل (5-14): مبين ضغط الزيت ذو اللمبة

ترشيح الزيت:

يتم ترشيح الزيت قبل وصوله إلى أجزاء المحرك حيث تمتص المضخة الزيت وتضغطه مباشرة الى المرشح ثم يخرج منه إلى اجزاء المحرك اللازم تزييتها كما يوجد صمام للفائض أحداهما صمام الفائض الرئيسى ويعمل على تنظيم ضغط الزيت عند حد ثابت إذا ما زادت سرعة المحرك بالعمل على عودة الفائض الى علبة المرفق، أما صمام الفائض الأضافى فيعتبر جزءا منه ما للمرشح لضمان تغذية المحرك بالزيت تغذيه أضافية فى حالة انسداد صمام المرشح أد انه فى هذه الحالة لا يتمكن الزيت من المرور داخل المرشح وعلى ذلك يد... صمام للسماح للزيت الوارد من المضخة بدون ترشيح بالمرور مباشرة إلى المحرك.

طرق ترشيح زيت التزييت

وهناك طريقتين من طرق تنقية الزيت. الطريقة الأولى تسمى طريقة التنقية الجزئية حيث أن الفلتر يقوم بتنقية جزئية للزيت من الشوائب الكربونية الناتجة عن عملية الاشتعال أما بقية الزيت الذاهب إلى أجزاء المحرك لا يمر على الفلتر. ويوضح شكل (5-15) رسم توضيحى لدورة التزييت ذات الترشيح الجزئى كما يوضح تركيب الفلتر فى هذه الحالة.

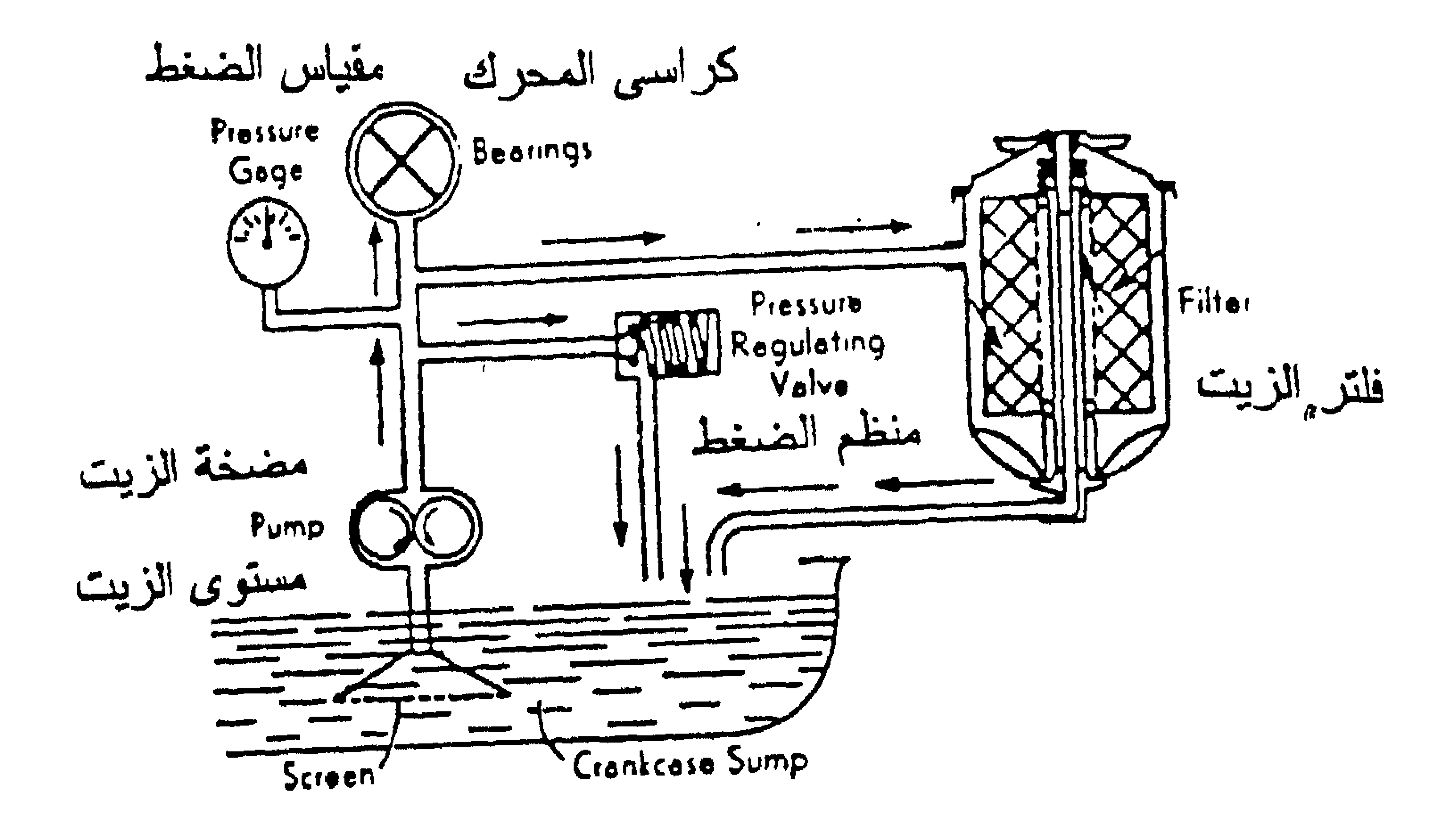
والطريقة الثانية والتى تسمى بالتنقية الكلية وفيها يمر كل الزيت أولاً على الفلتر ويوضح شكل (5-16) رسم توضيحى لدورة التزييت ذات الترشيح الكلى كما يوضح تركيب الفلتر. وفى هذه الحالة يجب أن يتوفر صمام مرور جانبى bay path valve لمرور الزيت عندما تتراكم القاذورات على الفلتر ويصبح من المتعثر مرور الزيت خلاله كما هو موضح بالشكل (5-16).

مبردات الزيت

يجب ان تكون درجة حرارة الزيت منخفضة عن درجة حرارة أجزاء المحرك لذلك تجهز دورة التزييت لبعض محركات الخدمة الشاقة بمبردات يمر فيها الزيت الوارد من المضخة لتبريده قبل مروره الى دائرة التزييت إذا ما تطلب الأمر، ويوضح شكل (5- 17) نماذج من مبردات زيت التزييت.

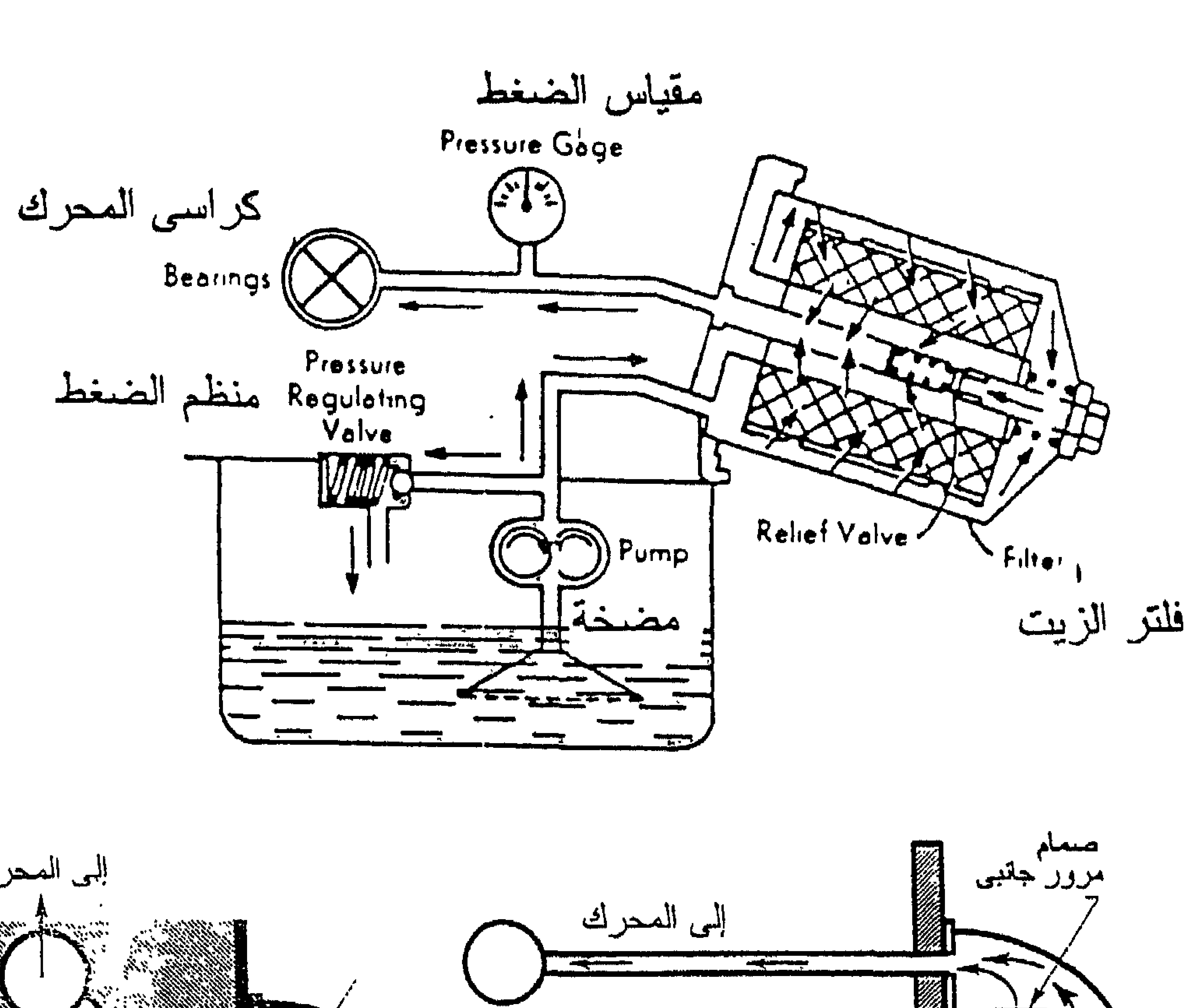
صلاحية زيت التزييت

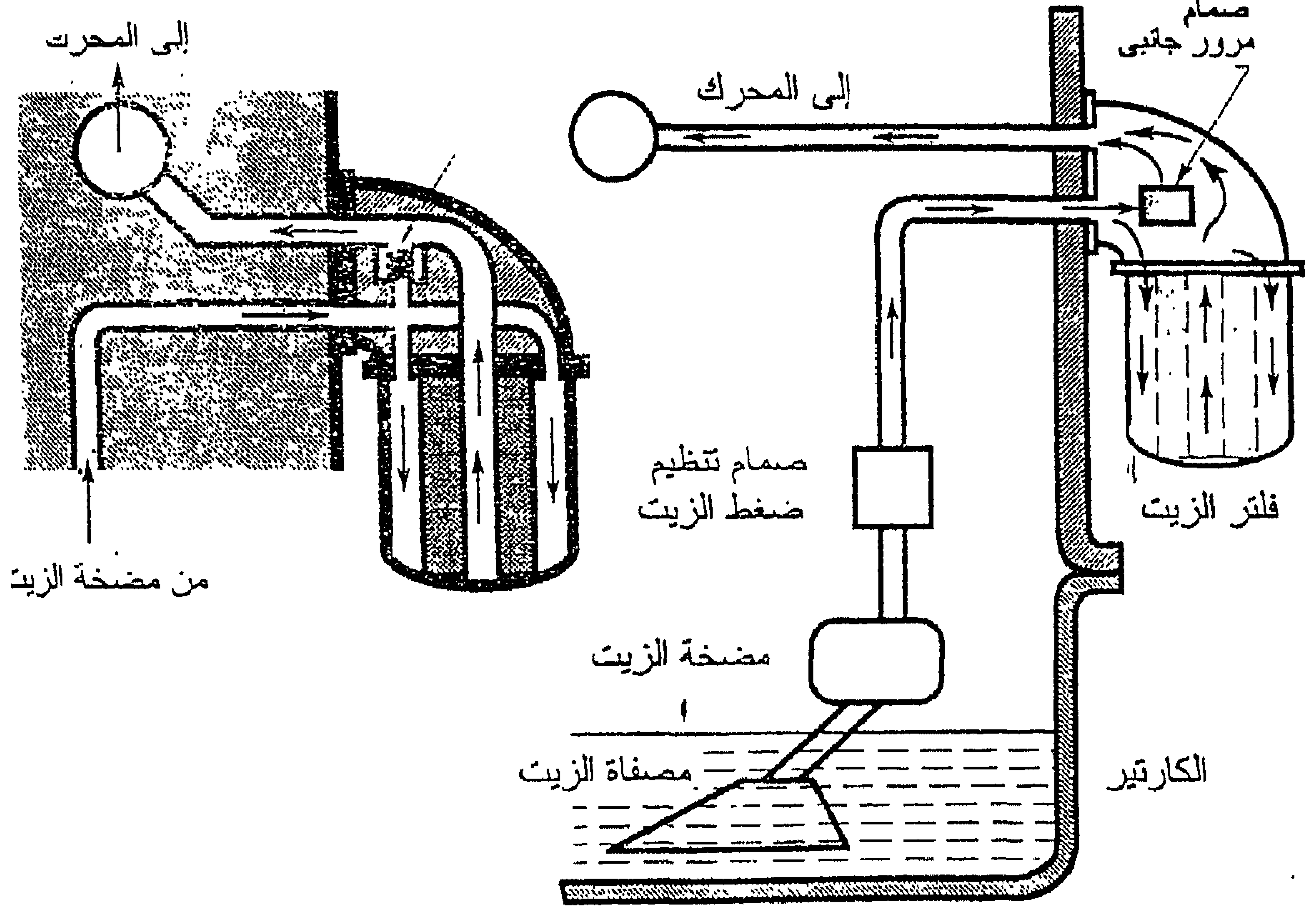
يكون زيت التزييت صالحاً طالما كانت جميع الظروف ودرجات الحرارة التى يعمل عندها ملائمة، ولكن عدم ملائمة هذه الحالات بعد فترة من الاستعمال يؤدى إلى عدم صلاحية الزيت للتزييت نهائياً. ويفسد الزيت نتيجة لأكسدته وتميعه وامتزاجه بالماء والكربون والمعادن والأتربة. وهذه المواد الغريبة عندما تمتزج بالزيت تفسده وتجعله أشبه بالسائل لونه أسود أو بنى أو رمادى، ويوضح [illegible] (5-2) مقارنة بين تركيب الزيت الصالح للاستعمال والزيت الفاسد.



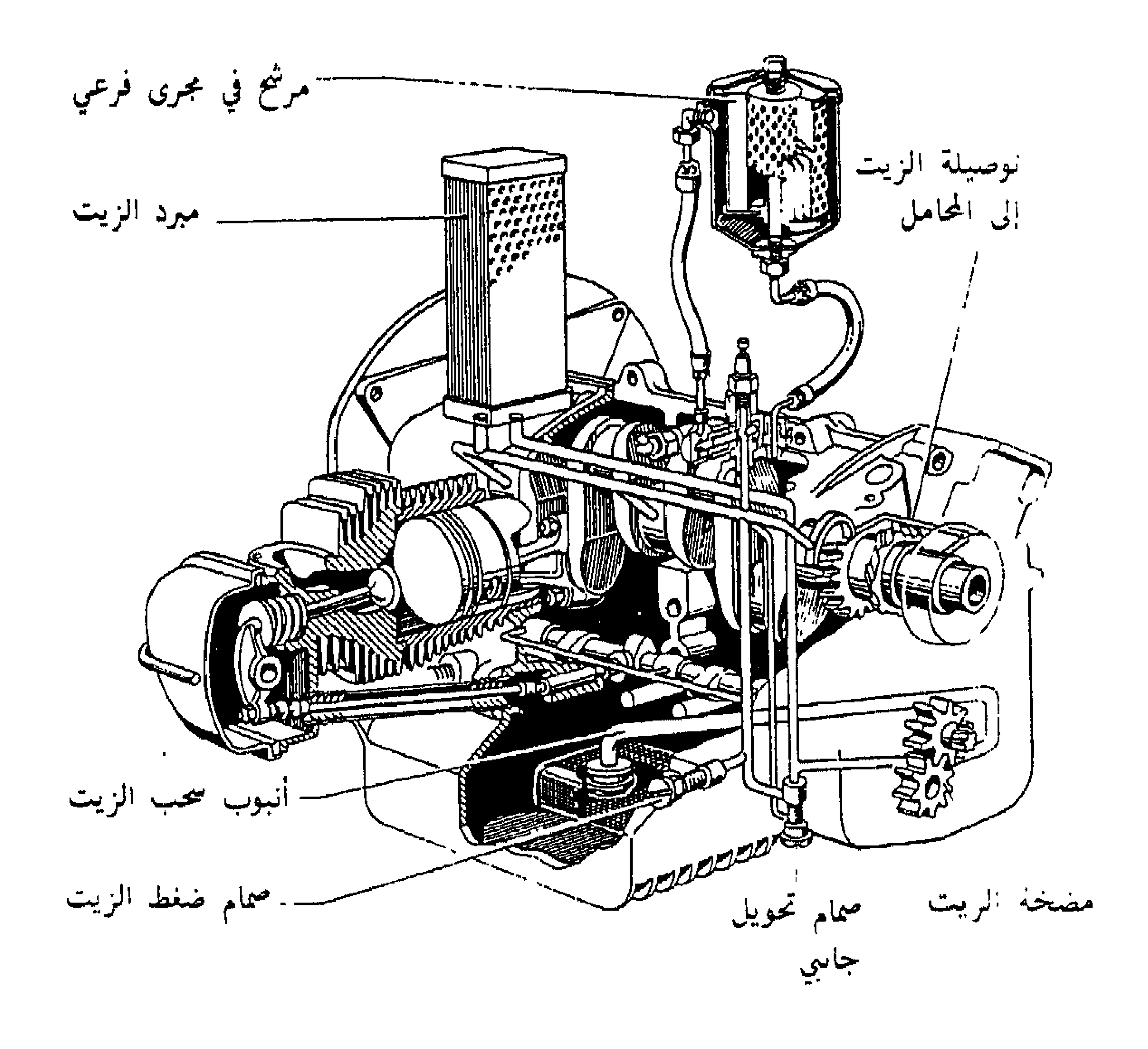
إلى المحرك
إلى الكارتير
إلى المحرك
صمام تنظيم ضغط الزيت
إلى الكارتير
فلتر الزيت
مضخة الزيت
مصفاة الزيت
الكارتير

شكل (5-15): التنقية الجزئية للزيت





شكل (5-16): التنقية الكلية للزيت



شكل (5– 17): نماذج من مبردات زيت التزييت

جدول (2-5) مقارنة بين تركيب الزيت الصالح للاستعمال والزيت الفاسد

المادة	النسبة ٪ للزيت العادى	النسبة ٪ للزيت الفاسد
الزيت	83.1	-
الماء	6.2	26.7
بنزين	4.7	37.8
كربون منفصل (سناج)	1.6	9.5
مواد مؤكسدة	0.8	4.7
مواد معدنية	3.6	21.3

وهذه المواد الغريب تعمل على إعاقة مصفاة الزيت وتسد مسامها وتعطل مجارى الزيت فتؤدى إلى تقليل الكميه المضغوطة إلى أجزاء المحرك وتكون النتيجة انصهار سبيكة الكراسى وتلف الأجزاء التى تعتمد على الزيت فى حركتها. كما أن ظهور الرواسب يؤدى إلى إعاقة عمل المرشح وسد مجاريه وتماسك الشنابر والصمامات، وفيما يلى الأسباب التى تؤدى الى فساد الزيت.

1-الأكسدة:

أن زيت التزييت الذى يتعرض للحرارة المرتفعة وغاز الأكسجين يتأكسد كلية وتتوقف سرعة الأكسدة على ارتفاع درجة الحرارة ودرجة تعرض الزيت للأكسدة ووجود المعادن التى تساعد على سرعة التأكسد. تكون نتيجة ذلك تكون حمض ومواد لزجه ذات لون مسود تشبه القار. وارتفاع درجة الحرارة تساعد الأحماض على تآكل الأجزاء على الأخص كراسى المحاور. أما المواد اللزجة السوداء فتتراكم فوق أجزاء المحرك وتكون شبيهه بالورنيش وهى تسبب تماسك الصمامات وتلاصق الشنابر بمجاريها.

2- التميع:

أن تميع الزيت الموجود بعلبة المرفق ينتج من تسرب البنزين الذى لا يحترق بغرفة الاحتراق الى علبة المرفق من الخلوص الذى بين المكبس وجدران الأسطوانة.

ويعمل البنزين على خفض لزوجة الزيت بتخفيف قوامه ويتسبب عن ذلك زيادة فى تآكل الأسطح المنزلقة. وهذا التميع يحدث بكثرة فى الجو البارد وعلى الأخص عند كثرة بدء وإيقاف حركة المحركات دون إعطائها الوقت الكافى لتسخينها بدرجه كافيه ليتبخر البنزين الذى يحتوى عليه زيت التزييت.

3- المـــاء:

يتكون الماء أثناء اشتعال الشحنة فى محركات الاحتراق الداخلى باتحاد أكسجين الهواء مع أيدروجين الوقود ويظهر داخل غرفة الاحتراق فى صورة بخار ماء يخرج مع العادم دون حدوث أى ضرر وذلك عند التشغيل العادى للمحرك. أما عند بدء حركة المحرك فتكون جدران الأسطوانة باردة فيتكاثف على جدرانها جزءا كبيرا من بخار الماء حيث يتسرب إلى علبة المرفق بتأثير حركة الشنابر. هذا علاوة على ما يصل من ماء إلى علبة المرفق من قميص التبريد أو تكاثف بخار الجو على الجدران الداخلية لعلبة المرفق (لاتصالها بالجو عن طريق فتحة التهوية) خصوصا فى الأجواء الرطبة. ووجود الماء مع الزيت يكون حمضا يعمل على تآكل الأجزاء الحديدية كما يضر كراسى المحاور.

4- الكربون:

الكربون الذى يمتزج بزيت التزييت ينتج من عدم الاشتعال التام للشحنة ويتكون فى غرفة الاحتراق بكثرة خصوصا عندما تكون الشحنة غنية، كما فى حالة بدء حركة المحرك. كما يحدث أيضا عندما تحترق الشحنة احتراقا غير تام خصوصا والمحرك بارد ويصل الكربون علبة المرفق عن طريق امتزاجه بزيت التزييت العائد اليها بتأثير الشنابر. كما أن جزءا من الكربون يصل علبة المرفق بتأثير رشح الغازات بين المكبس وجدران الأسطوانة.

5- المعادن:

يمتزج الزيت بذرات المعادن المتفتتة من التآكل المستمر للشنابر وجدران الأسطوانة والمكبس والحديد هو أهم المعادن التى توجد مختلطة مع الزيت كما أن

الصدأ يحدث من تكاثف بخار الماء على جدران الأسطوانة ويزيد من كمية المعدن مع الزيت. لذلك يفضل استعمال مكابس الألومنيوم واللقم النحاسية.

6- الأتربة:

تدخل الأتربة إلى المحرك عن طريق هواء المص من جهاز دخول الهواء وكذلك من خلال فتحة تهوية علبة المرفق.وكل هذه المواد الغريبة السابقة تمتزج بالزيت وتجعله غير صالح للاستعمال.

الباب السادس

جهاز التبريد

Chapter (6)

(The Cooling System)

Chapter (6) الباب السادس

جهاز التبريد

(The Cooling System)

مقدمة

نتيجة للاحتراق المتتالى لخليط الهواء والوقود داخل اسطوانات المحرك ننص درجة حرارة الغازات داخل الأسطوانة أثناء عملية الاحتراق إلى درجة حراره عاليه تبلغ 2200°C وتمتص جدران الأسطوانة ورأسها والمكبس والأسطوانات جزءا من هذه الحرارة فترتفع درجة حرارتها. والمحرك مصمم للعمل عند درجة حرارة معينة تسمى درجة حرارة التشغيل Operating temperature وتتراوح بين 75°C إلى 90°C فى المحركات القديمة وقد تصل فى المحركات الحديثة إلى 105°C.

انخفاض درجة حرارة المحرك عن هذا الحد يؤدى إلى:

- ضعف قدرة البنزين على التبخر عند درجات الحرارة المنخفضة، ودخول بعض البنزين السائل إلى الاسطوانات. يعمل هذا البنزين على غسيل طبقة الزيت الرقيقة بين جدران المكابس والاسطوانات، مما يؤدى إلى تآكلها بسرعة. كما أن سقوط هذا البنزين إلى الكارتير مع الزيت يؤدى أيضاً إلى تكوين مواد رغوية وصمغية ضارة بالمحرك.
- زيادة لزوجة الزيت عند درجات الحرارة المنخفضة يفقده القدرة على السريان والمرور بسهولة إلى الممرات والأماكن الضيقة والقيام بالتزييت على الوجه الأكمل.
- زيادة لزوجة الزيت تزيد أيضاً من القدرة المفقودة فى الاحتكاك. بالإضافة إلى ذلك فإن البنزين الغير محترق الذى يسقط إلى الكارتير يعتبر فقداً فى الكفاءة

الحراريـة للمحـرك، وبالتـالى يزيـد استهلاك الوقـود أثنـاء تشـغيل المحـرك عنـد درجات حرارة منخفضـة. أى أن درجـة حـرارة المحـرك يجب أن تصـل إلى درجـة حرارة التشـغيل، ولا ترتفـع عـن ذلـك مهما كانـت ظـروف التشـغيل. وهـذه هـى وظيفـة دورة التبريـد، التـى تبـدأ عملـها فـور وصـول المحـرك إلى درجـة حـرارة التشغيل Operating temperature

ارتفاع درجة الحرارة عن هذا الحد يؤدى إلى:

- احتراق طبقة الزيـت الرقيقـة الموجـودة على جـدران الاسـطوانـات وفقـد القـدرة على التزييت. وينـتج عن ذلك زيادة الاحتكاك بين المكابس والاسطوانـات، وتآكل سريـع لهما. وقد يترسب الزيت المحترق على شنابر المكابس مما يؤدى إلى التصاقها وفشلها فى القيام بوظائفها.
- تلف واحتراق قواعد وصمامات العادم التى تتعرض للغازات الساخنة.
- زيادة تمـدد المكابس وكراسى عمود الكرنـك، ممـا يـؤدى إلى تنـاقص الخلـوص بـين الأجزاء المتحركة عن الحد المسموح به، وبـذلك تـزداد حـدة وخطـورة الاحتكـاك بينها بصورة كبيرة. نقص الخلوص قد يـؤدى أيضاً إلى زيـادة مطـردة فى درجة الحرارة وقفش المحرك فى النهاية.
- ارتفاع درجة حرارة الشحنة الداخلة يؤدى إلى انخفـاض كثافتهـا، وبالتـالى هبـوط قدرة المحرك.
- زيادة درجة حرارة غـرف الاحـتراق وقواعـد الصمامـات يـؤدى إلى احـتراق مبكـر للشـحنة وطـرق فـى المحـرك Detonation، وينـتج عـن ذلـك نقـر علـى جـدران الاسطوانات، وأضرار بالغة فى المحرك.

نستفيد من ثلث الطاقة الحرارية الناتجة عـن الاحـتراق الوقـود فى صورة طاقة ميكانيكية على عمود الكرنك بينما تفقد باقى الطاقة على النحو التالى:

- طاقة خارج مع غازات العادم.
- طاقة حرارية ممتصة من خلال الأسطح المعدنية لأجزاء المحرك.

لذلك يجب تبريد المحرك لكى لاترتفع درجة حرارة أجزائه حيث أن اجزاء المحرك تتعرض لدرجات حرارة عالية اثناء تشغيله. فنظام التبريد يعمل على مساعدة هذه الأجزاء للتخلص من تلك الحرارة غير المرغوب فيها.

وكمية الحرارة اللازمة إزالتها عن طريق التبريد على النحو التالى

محرك بنزين 4600 to 5700 J / W.h

لمحرك ديزل 2400 to 3400 J / W.h

وظائف دورة التبريد:

1- منع ارتفاع درجة حرارة تشغيل المحرك فوق درجات التشغيل

2- زيادة معدل التبريد عندما ترتفع درجة حرارة المحرك كما تعمل أيضا إبطاء معدل التبريد عندما تهبط درجة حرارته عن مستوى درجة التشغيل.

3- المحافظة على خواص زيت التزييت.

4- حماية الأجزاء المتحركة للمحرك من التآكل.

الشروط الواجب توافرها فى دورة التبريد

1- سرعة وصول درجة حراراتها إلى درجة حرارة تشغيل المحرك.

2- المحافظة على درجة حرارة تشغيل ثابتة عند كل ظروف التشغيل.

3- يتطلب قدرة تشغيلها صغيرة.

4- شغل حير صغير.

5- يحتاج صيانة بسيطة وضئيلة.

أنواع أنظمة التبريد (Methods of Cooling)

وهناك أسلوبين لتبريد محركات الاحتراق الداخلى:

1- منظومة التبريد بالهواء Air-Cooling Method

2- منظومة التبريد بالماء Water Cooling Method

العوامل التى تؤثر فاعلية التبريد

1- وسيط التبريد: ينقل الماء كمية حرارة أكبر من تلك التى ينقلها الهواء فى وحدة الزمن.

2- سرعة سريان وسيط التبريد: يزداد تبدد الحرارة بازدياد سرعة سريان وسط التبريد.

3- المعدن المصنع منه : تفقد المواد ذات التوصيل الحرارى الجيد درجة حرارتها بمعدل أسرع من تلك المواد ذات التوصيل الخرارى الردئ.

4- مساحة سطح التبريد: كلما كبرت مساحة سطح الجزء المراد تبريده كما زادت الحرارة المنقولة فى نفس الزمن.

5- فرق درجات الحرارة بين السطح المراد تبريده ودرجة حرارة وسيط التبريد.

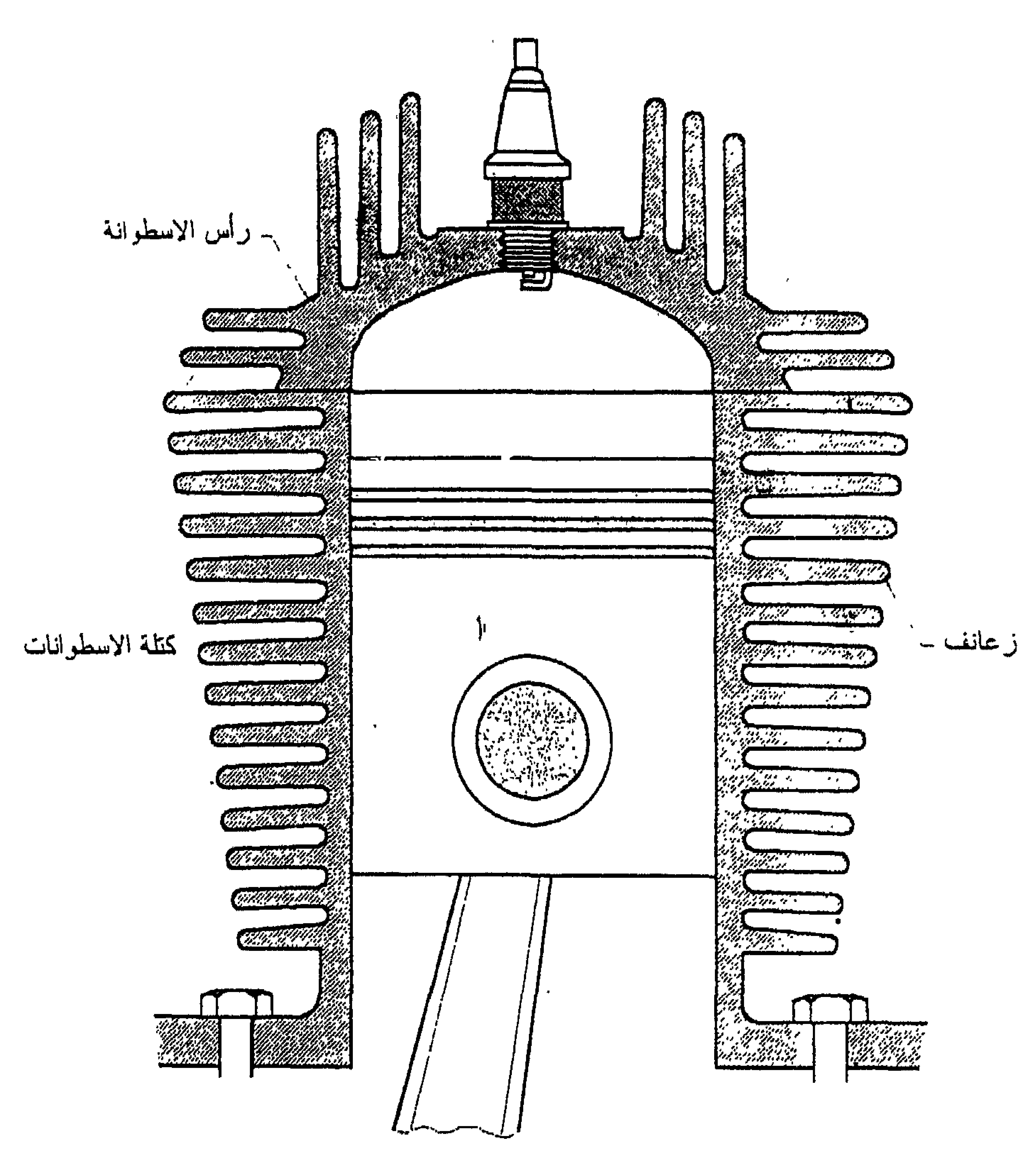
منظومة التبريد بالهواء (Air-Cooling System)

حيث يتم فيها تبريد المحركات بواسطة تيارات من الهواء الجوى حيث يمر الهواء على المحرك وفى هذه المنظومة يتم تبريد المحرك بالتخلص من الحرارة الزائدة إلى الهواء المحيط مباشرة لذلك يسمى التبريد المباشر بالهواء Direct air cooling.

وبما أن امتصاص الهواء للحرارة ضعيف وحيث أن انتقال الحرارة من الأسطح الساخنة إلى الهواء يتناسب طردياً مع مساحة هذا السطح لذلك يلزم أن يزداد سطح التبريد المعرض للهواء وذلك بواسطة عمل أضلاع (زعانف) بارزة على جدران الأسطوانة ورأسها من الخارج وتكون عمودية على محورها فتساعد على إشعاع حرارة الأسطوانة إلى الجو (شكل 6-1). وتقل فاعلية التبريد إذا تلوثت زعانف التبريد.

وتستخدم هذه الطريقة فى المحركات الصغيرة. وميزة هذا النوع من التبريد قلة الأجزاء المتحركة وعدم الاحتياج إلى قدره كبيرة له. ولكن كفاءته فى عملية التبريد

تكون محدودة حيث أن كمية الحرارة تعتمد على معامل انتقال للهواء وهذا المعامل صغير أذا ما قورن بمعامل التوصيل الحراري للماء. وينقسم أسلوب التبريد بالهواء إلى ما يلي:



شكل (6-1) : قطاع لأسطوانة محرك تبريد هواء

أ- التبريد بواسطة الهواء المتدفق أثناء السير

حيث يتدفق الهواء على أجزاء المحرك المراد تبريدها. ولا يكفى تيار هواء لتبريد المحرك عند السرعات المنخفضة والقدرات العالية لذلك يقتصر هذا النوع من التبريد على الدراجات النارية فقط.

ب- التبريد بدفع تيار هواء بالمروحة

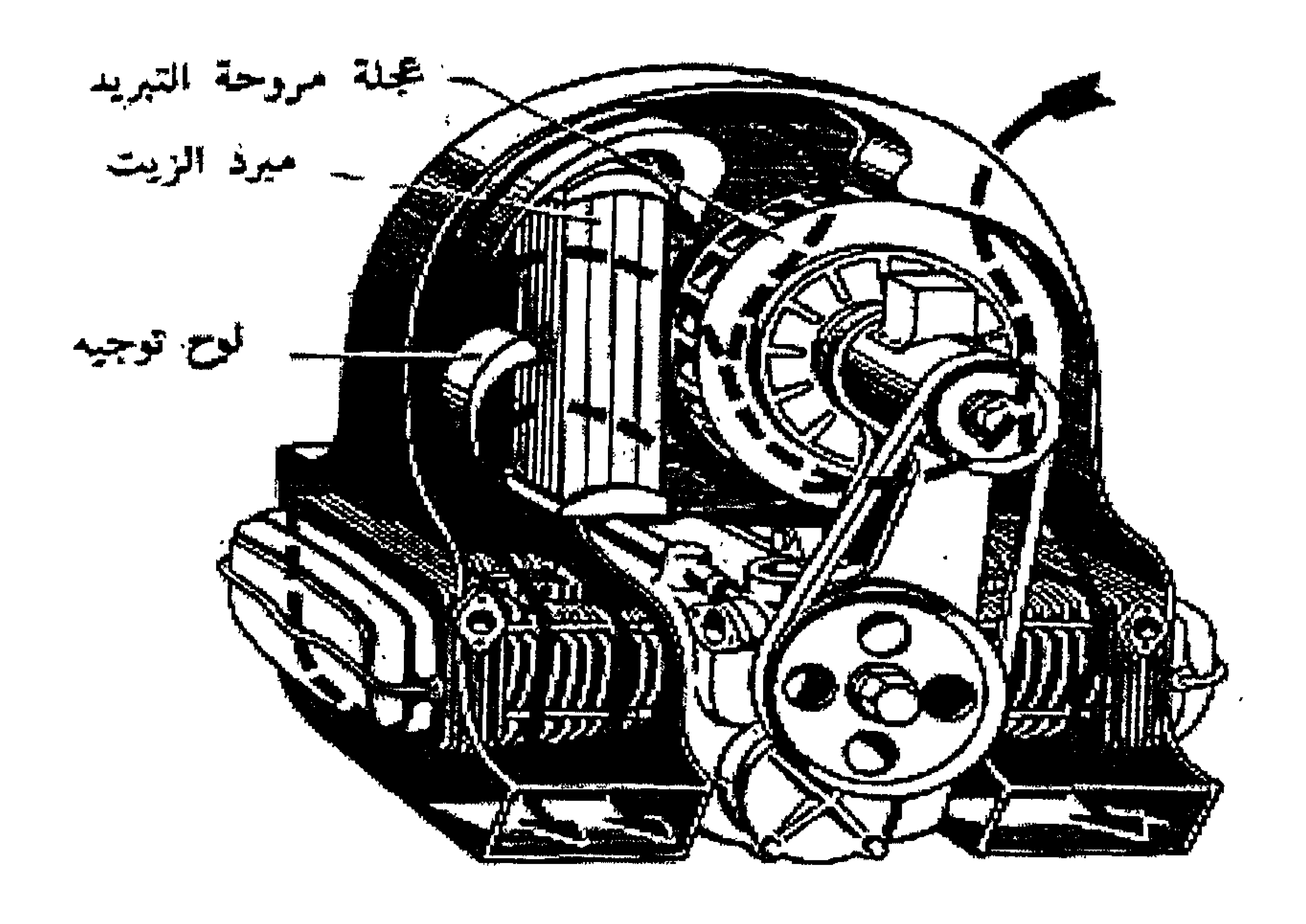
يؤدى استخدام المروحة إلى زيادة معدل تدفق الهواء حول الاسطوانة وبذلك يتحقق تبريد كافى عند كل السرعات وتدار المروحة أما عن طريق عمود الكرنك مباشرة أو عن طريق سير حرف V. وفى هذا النوع يستعمل صمام حرارى Thermostat لإيقاف المروحة لغلق دخول الهواء إلى المروحة حتى يصل المحرك إلى درجة حرارة التشغيل. ويزود هذا النظام بألواح توجيه معدنية لتوجيه الهواء إلى الاسطوانات ثم إلى مبرد الزيت كما هو موضح بشكل (6-2).

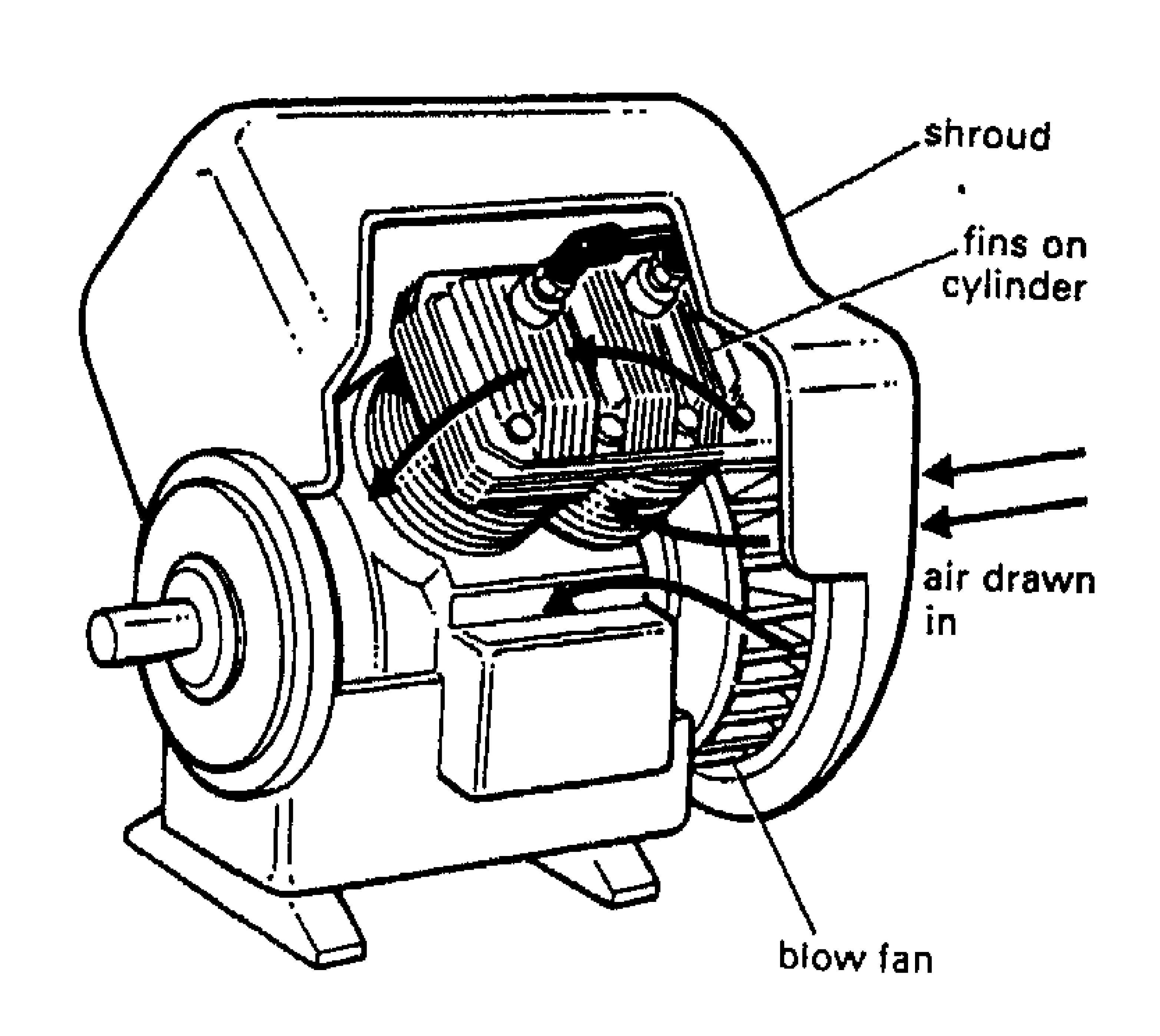
مزايا التبريد بالهواء:

- يحتاج صيانة أقل ما يمكن حيث لا يوجد رادياتير أو مضخة أو أنابيب مياه.
- استخدام سبائك الألمنيوم لتصنيع المحركات نظراً لتوصيلها الجيد للحرارة يجعل المحرك المبرد بالهواء أخف فى الوزن من نظيره المبرد بالماء.
- سرعة الوصول إلى درجة حرارة تشغيل المحرك.
- تلاش خطر تجمد مياه التبريد فى الطقس البارد.

عيوب التبريد بالهواء:

- كبر قدرة المروحة ووجود الحواجز والغلاف.
- يؤدى إلى زيادة الخلوص بين الأجزاء المتحركة بسبب ارتفاع درجة الحرارة، وهذا يتسبب فى ارتفاع صوت المحرك عن نظيره المبرد بالماء.
- التغير الكبير فى درجات الحرارة وصعوبة التحكم به.
- زيادة الحمل على نظام التزييت بسبب ارتفاع درجة حرارة المحرك.





شكل(2-6): التبريد بدفع الهواء بواسطة بمروحة

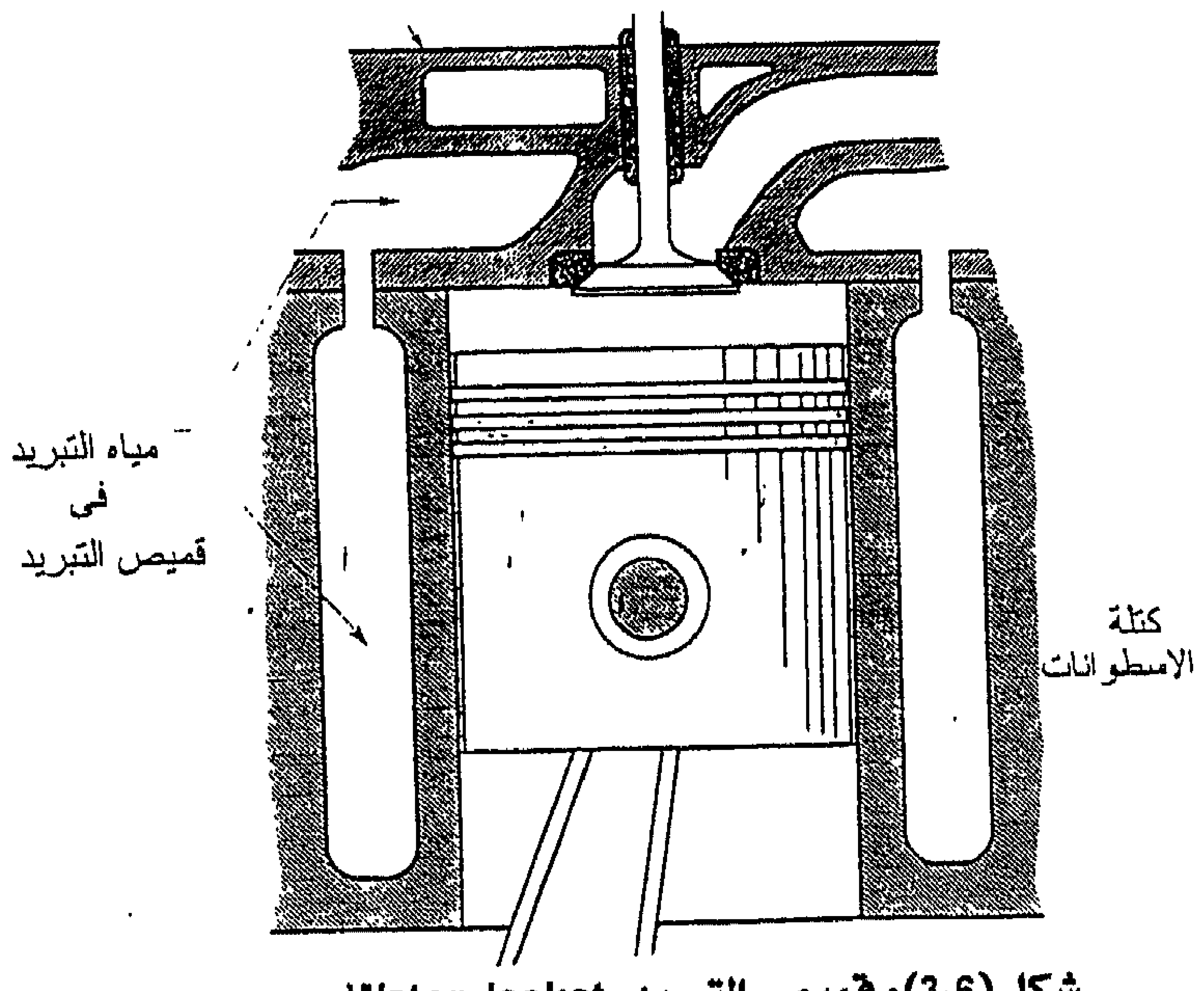
2- منظومة التبريد بالماء (Water Cooling)

فى هذه المنظومة يسبك مع أسطوانة المحرك قميص يحيطها من الخارج يعرف بقميص التبريد water jacket بحيث يمر الماء فى الفراغ الذى بينهما، وكذلك يمر الماء فى تجاويف برأس الأسطوانة وفى المحركات الكبيرة يمر الماء فى تجاويف صمام العادم. ويوضح شكل (6-3) قميص التبريد وممرات التبريد حول الاسطوانات وفى بعض المحركات توجد رشاشات مياه موجهة إلى الأماكن المحتمل ارتفاع درجة حراراتها مثل قواعد صمامات العادم كما يوضح شكل (6-4) وتسمى هذه العملية بالتبريد الموجه Directed cooling..

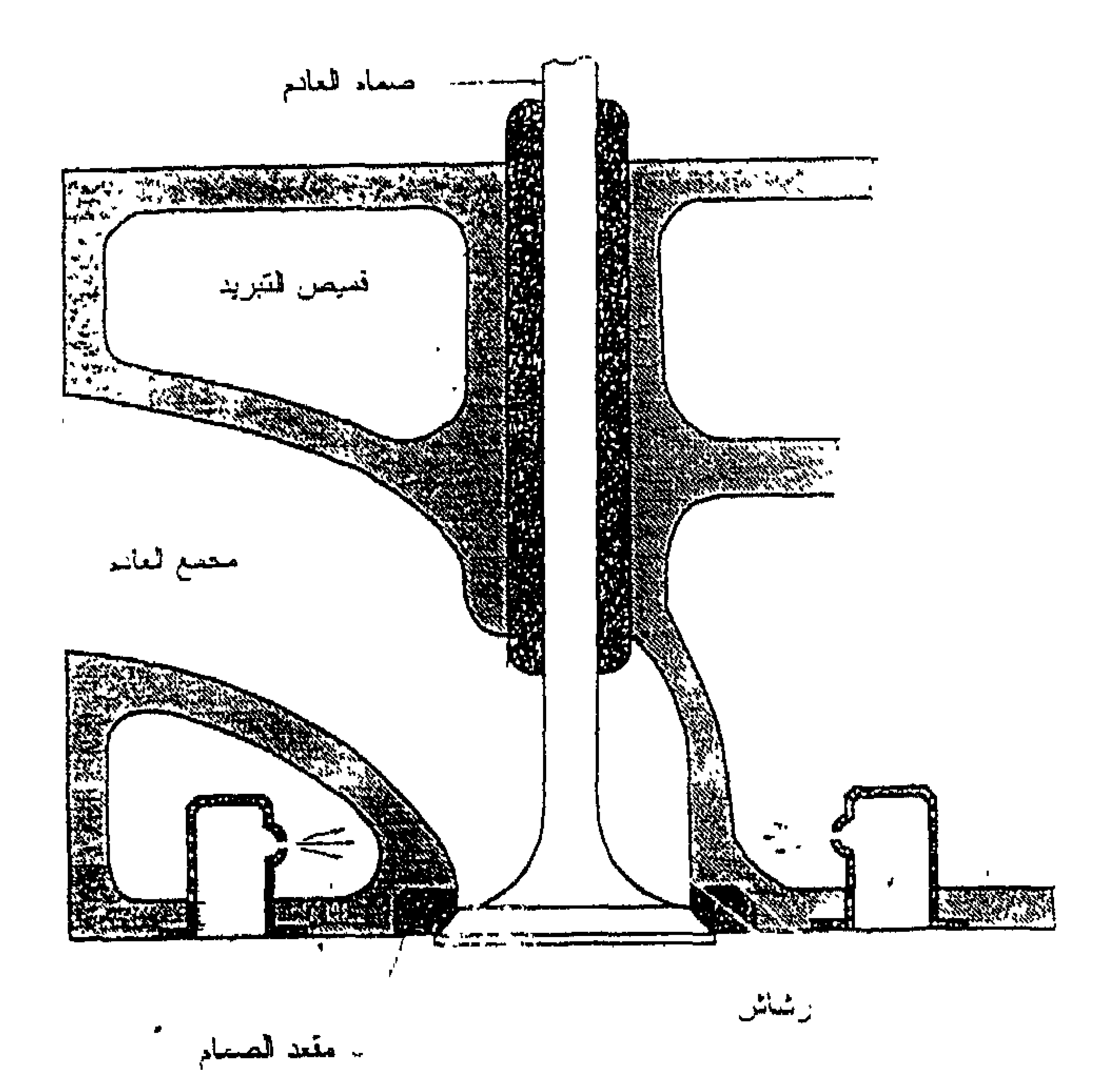
طرق التبريد بالماء (Water Cooling Systems)

أولا- طريقة التبريد المفتوحة:

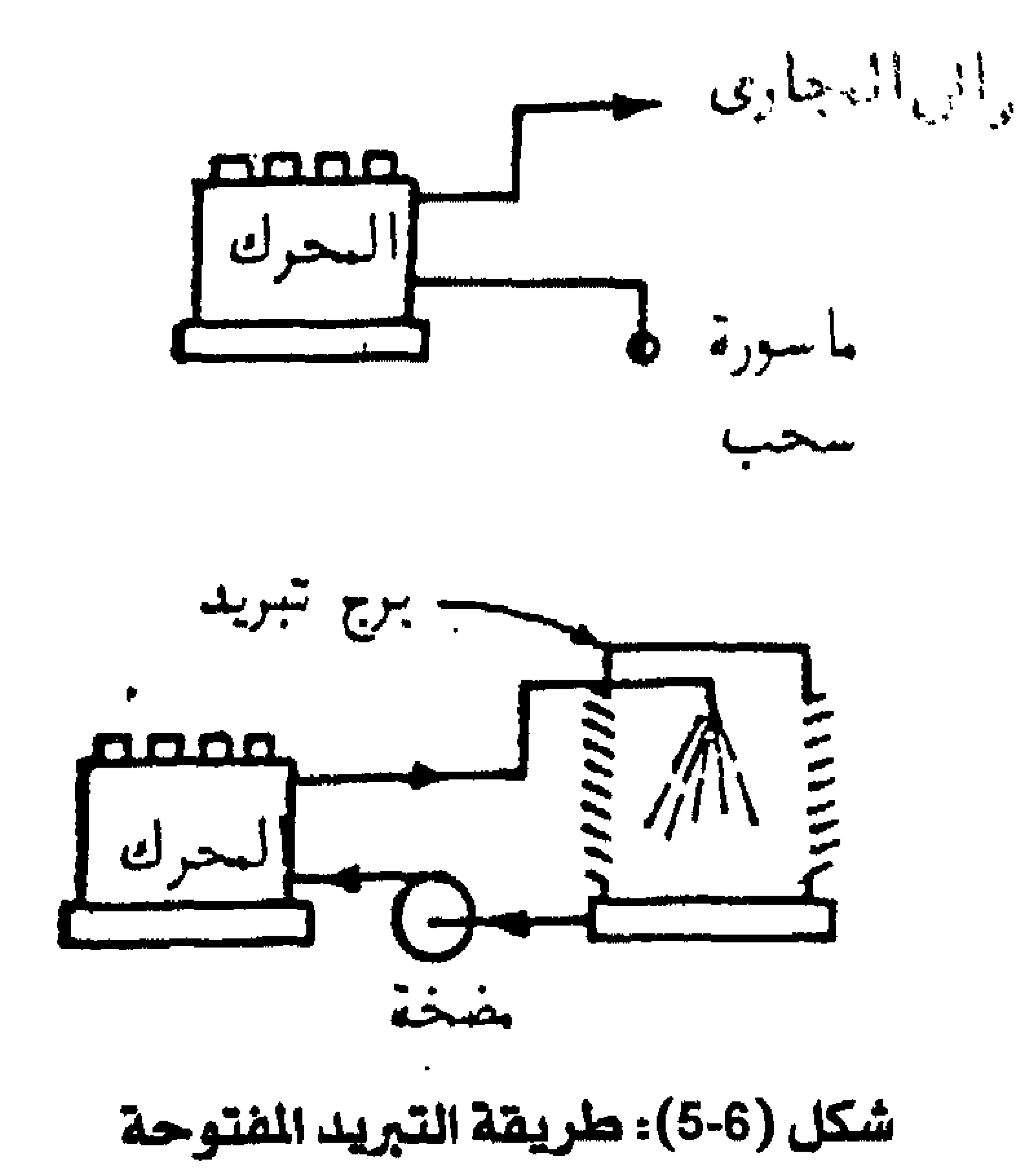
فى هذه الطريقة أما أن لا تعود المياه التى تخرج من قميص التبريد على الإطلاق وأما أن تعرض للهواء قبل إعادة استعمالها ويوضح شكل (6-5) طريقة التبريد المفتوحة.



شكل(6-3): قميص التبريد Water Jacket



شكل(6-4): التبريد الموجه Direct Cooling



شكل (6-5): طريقة التبريد المفتوحة

فى شكل (A 5-6) تذهب المياه الخارجة من المحرك الى مياه الصرف أو يستفاد بها فى عمليات أخرى بحيث لا تستعمل ثانيا فى التبريد. و فى شكل (B 5-6) تبرد المياه الساخنة الخارجة من المحرك بواسطة برج تبريد أو حوض تبريد وذلك بتعرض المياه للهواء والسماح بتبخير جزء قليل منها أما بقية المياه فتفقد حرارتها أثناء عملية التبخير هذه، وبعد تبريد المياه بهذه الطريقة تضغط مرة ثانية الى المحرك بواسطة مضخة لإعادة استعمالها وتسمى هذه الطريقة بطريقة التبريد المفتوحة أو المكشوفة نظرا لأن المياه تكون مكشوفة أو معرضة للهواء. ومن أضرار هذه الطريقة سرعة تكوين الرواسب والأتربة فى قميص تبريد المحرك.

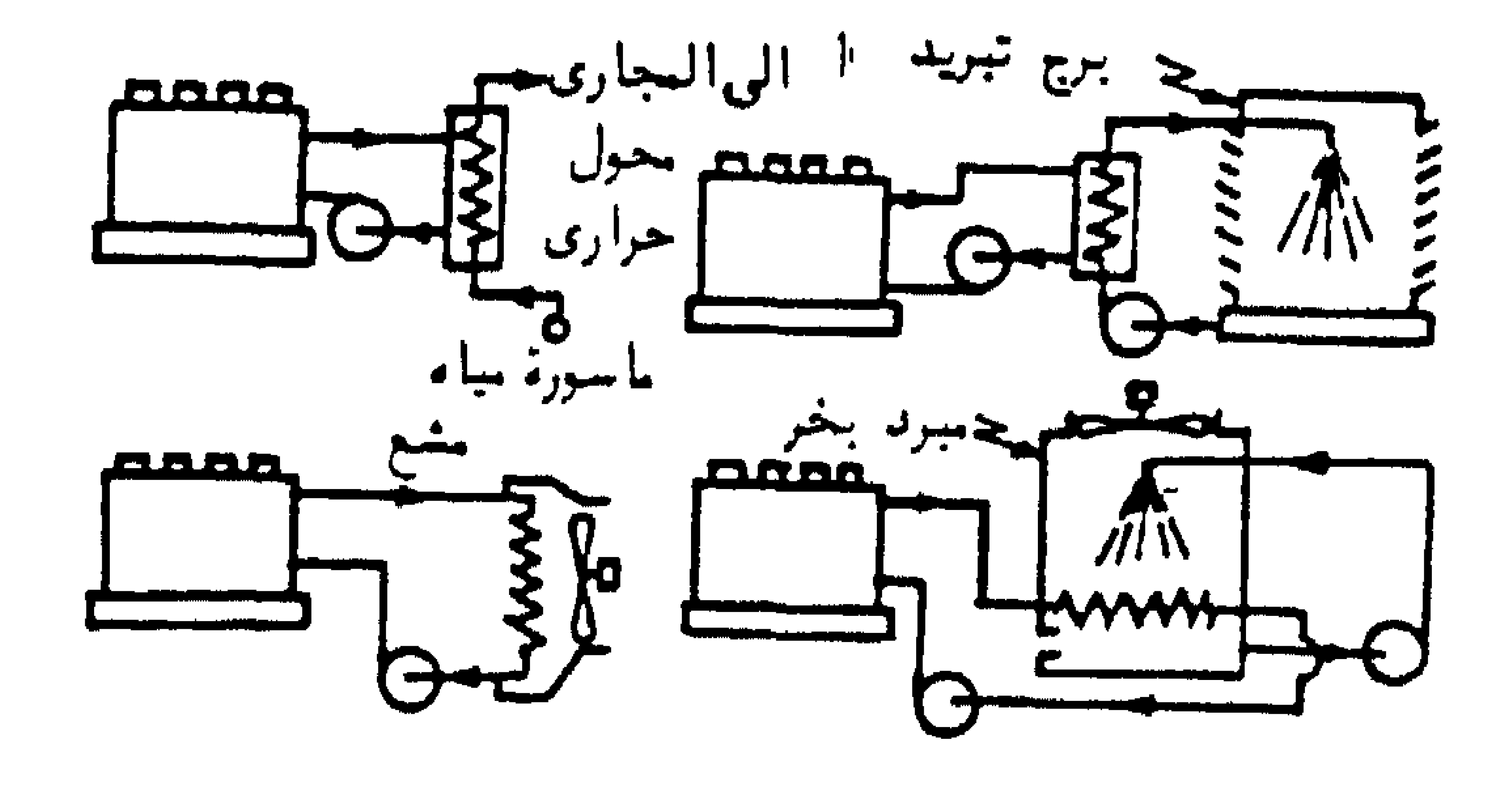
ففى حالة عدم استعمال المياه الخارجية من المحرك مرة ثانية فى التبريد واستعمال مياه جديدة باستمرار تعمل هذه المياه الجديدة دائما على جلب مواد غريبة.

وفى حالة إعادة استعمال المياه ثانية بعد تبريدها بتبخر جزء منها من برج التبريد أو حوض التبريد فإن ما يفقد منها بقدر نحو 3 لتر لكل كيلووات قدرة. وهذا الفقد يستلزم تعويضه باستمرار بإضافة مياه جديدة تجلب بالطبع مواد غريبة. وحيث أن البخار لا يعمل معه المواد الغريبة نجد أن هذه المواد تتركز باستمرار وتعمل على تغطية سطح قميص التبريد بطبقة عازلة للحرارة ربما يكون ضررها أكبر مما لو صرفت المياه الى الصرف. وعلى أية حال فأنه يمكن استعمال الطريقة المفتوحة بأمان تام إذا ما كانت المياه نقية ومتوفرة.

ثانيا- طريقة التبريد المغلقة

فى هذه الطريقة تتم دورة مياه تبريد القميص خلال معدل حرارى وعلى ذلك تبقى نفس مياه التبريد لا تتغير إطلاقا ويعاد تبريدها بعدم تعرضها للهواء كما فى الطريقة السابقة. فإذا ما كانت هذه المياه نقية عند بدء استعمالها فأنها تستمر كذلك على الدوام. والمبدل الحرارى أما أن يعمل بالمياه أو الهواء كوسيلة للتبريد.

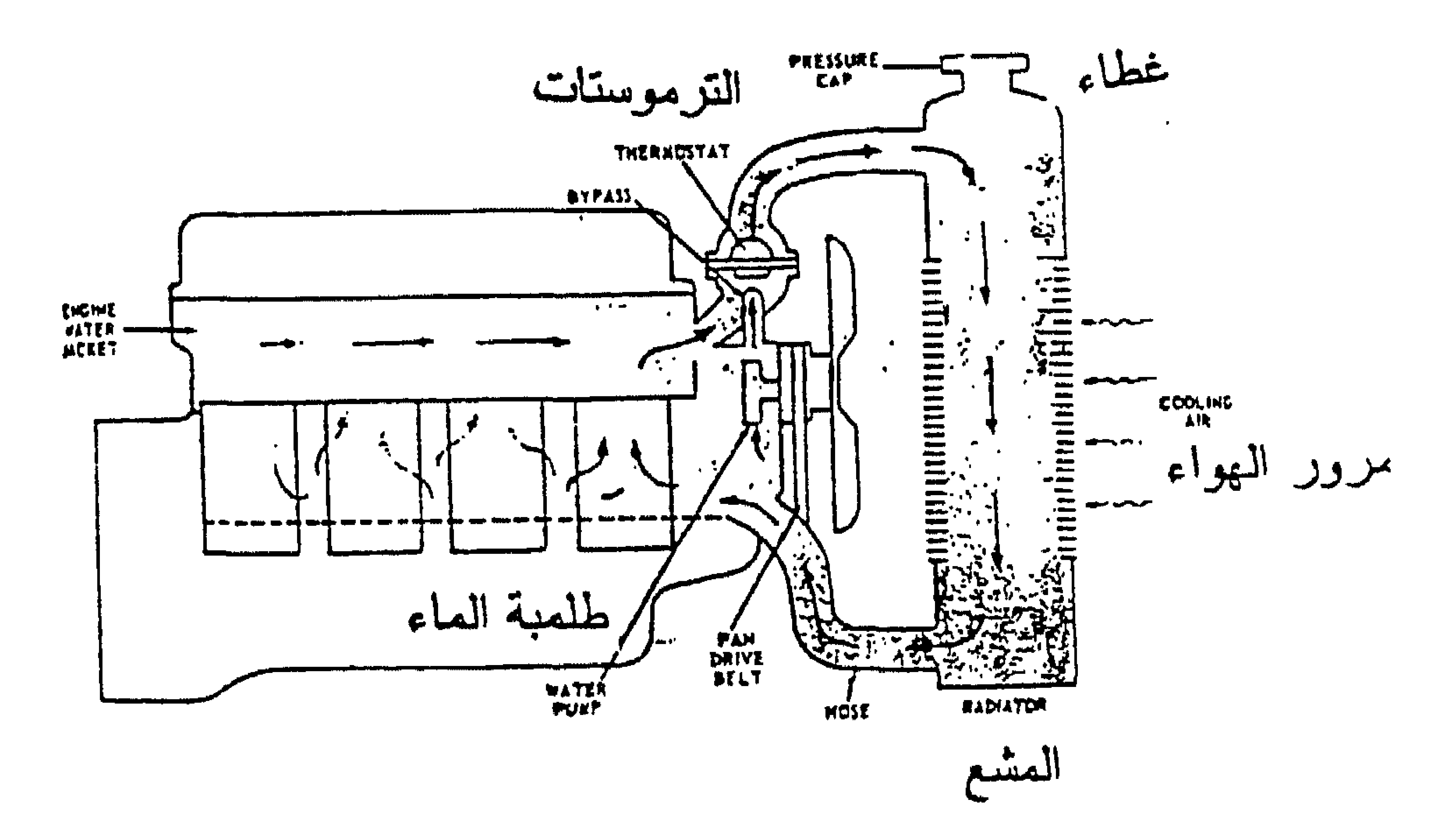
ويوضح شكل (6-6) بعض الرسومات التخطيطية لطرق التبريد المغلقة فالطريقة A يستعمل فيها مبدل حرارى يعمل بالمياه وعادة يستخدم بالمياه الخام فلا تمر هذه المياه خلال المبدل إلا مرة واحدة فى حالة توفر المياه ولا يكون هناك داع لتخزينها. والطريقة B إذا لم تكن المياه (المياه الخام) متوفرة فيمكن توفير 90 إلى 95٪ منها بإعادة استعمالها بعد تبريدها بواسطة برج تبريد أو حوض، ويلاحظ أن تراكم الرواسب فى المبدل الحرارى ليس من الخطورة التى تكون فى قميص تبريد المحرك ويمكن بسهولة تنظيفه، كما يجب ملاحظة أن مرور المياه الخام خلال مواسير المبدل يجعل من اليسير تنظيف المواسير من الداخل وذلك أيسر من تنظيفها من الخارج. أما الطريقة C والتى يستعمل فيه المشع (مبدل حرارى يعمل بالهواء) وفى هذه الطريقة يندفع الهواء بواسطة مروحة حيث يعمل على تبريد المياه التى بداخل مواسير المشع ويلاحظ عدم تعرض المياه للهواء وعلى ذلك فليس هناك أى عملية تبخير إطلاقا. أما الطريقة D فتستعمل مبدل حرارى يعمل بالمياه المتدفقة من برج تبريد حيث تتدفق مياه التبريد خلال المواسير بينما المياه الوارد من برج تبريد ترش فوقها، وعلاوة على ذلك يمر تيار هواء من مروحة على المواسير



شكل (6-6) طرق التبريد المغلقة

مكونات دورة التبريد بالمياه

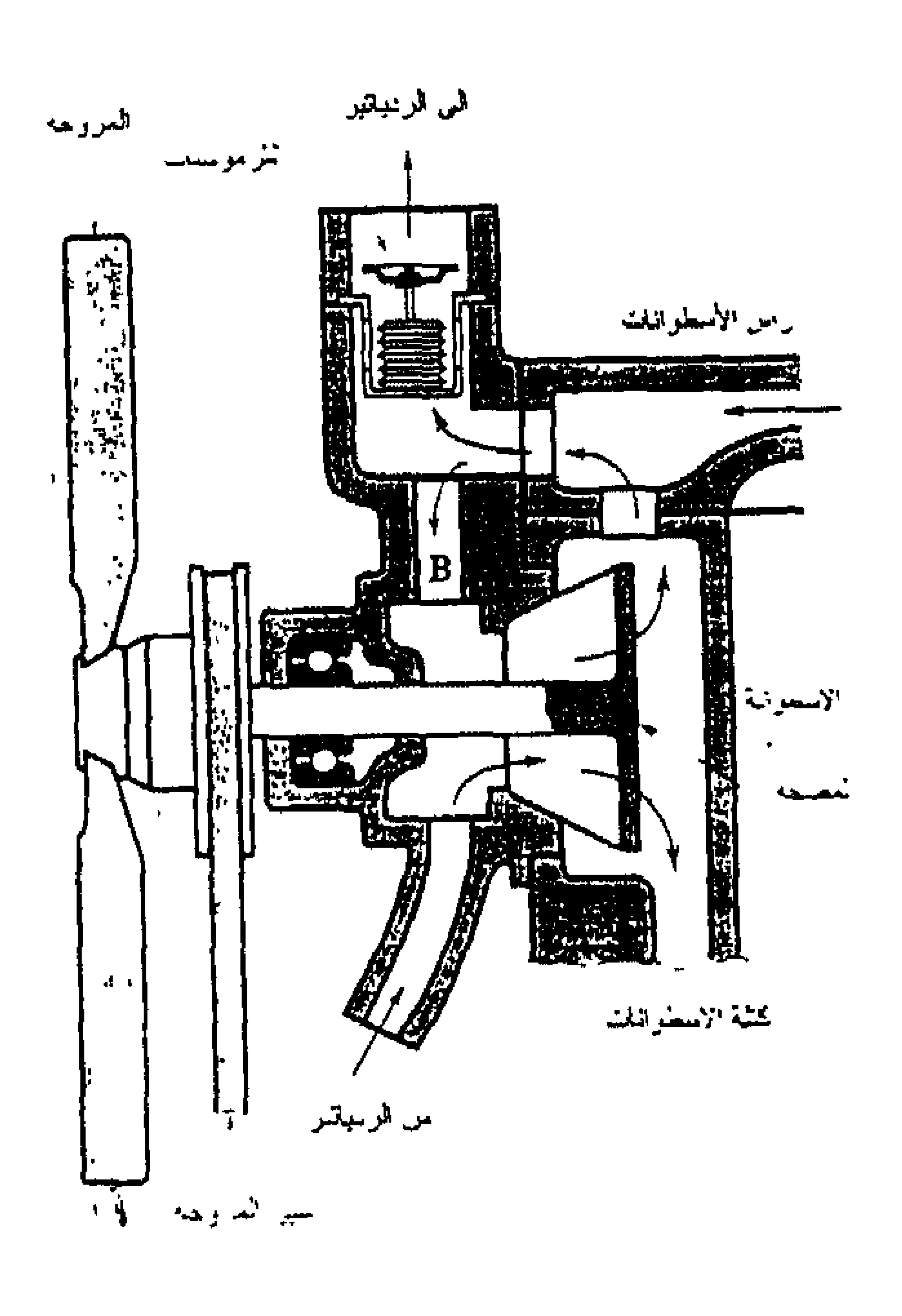
ويوضح شكل (6-7) نموذج لدورة تبريد المياه، وعموماً تتكون دورة التبريد بالمياه من المشع (الرادياتير) Radiator ومضخة المياه Water pump والمنظم أو الصمام الحرارى (الترموستات) Thermo state والمروحة Fan والخراطيم وقميص التبريد Water Jacket داخل المحرك وتتم دورة التبريد عن طريق سحب المياه البارده من أسفل الرادياتير (المشع) بواسطة مضخة المياه. ويمر الماء البارد فى ممرات حول الأسطوانات. وتنتقل الحرارة الى الماء الذى يمر بعد ذلك الى الرادياتير، وأثناء مروره فى الرادياتير يحدث تبريد للمياه ويصل الماء الى قاع الرادياتير باردا وتتكرر الدورة مرة أخرى. وفيما يلى شرح مكونات الدورة.



شكل (6-7) : نموذج من دورة تبريد المياه للمحركات

مضخة مياه التبريد (Water Pump)

تقع مضخة المياه فى مقدمة المحرك هى غالبا من النوع الطاردة المركزية وتحتوى على عضو مروحى دوار Impeller وهى عبارة عن قرص مثبت عليه مجموعة من الريش المستقيمة أو المقوسة يدار بواسطة سير المروحة وتقوم المضخة بسحب الماء البارد من أسفل (الخزان السفلى) الرادياتير ثم تدفعه إلى كتلة رأس الاسطوانات. وكما يوضح شكل (8-6)، ويلاحظ أن جسم المضخة به فتحتان رئيسيتان، أحداهما لدخول الماء وتتصل بالخزان السفلى للرادياتير بواسطة خرطوم من المطاط والأخرى لخروج الماء إلى المحرك ويوجد فتحة ثالثة أعلى جسم المضخة تسمح بدوران الماء بين المحرك والمضخة فقط. وسرعة المضخة الدورانية تصل ما بين 3500 إلى 5000 r.p.m (لفة/دقيقة) وتصرفها يصل إلى 500 liter/min (لتر/دقيقة).



شكل (8-6): مضخة مياه التبريد

الرادياتير (Radiator)

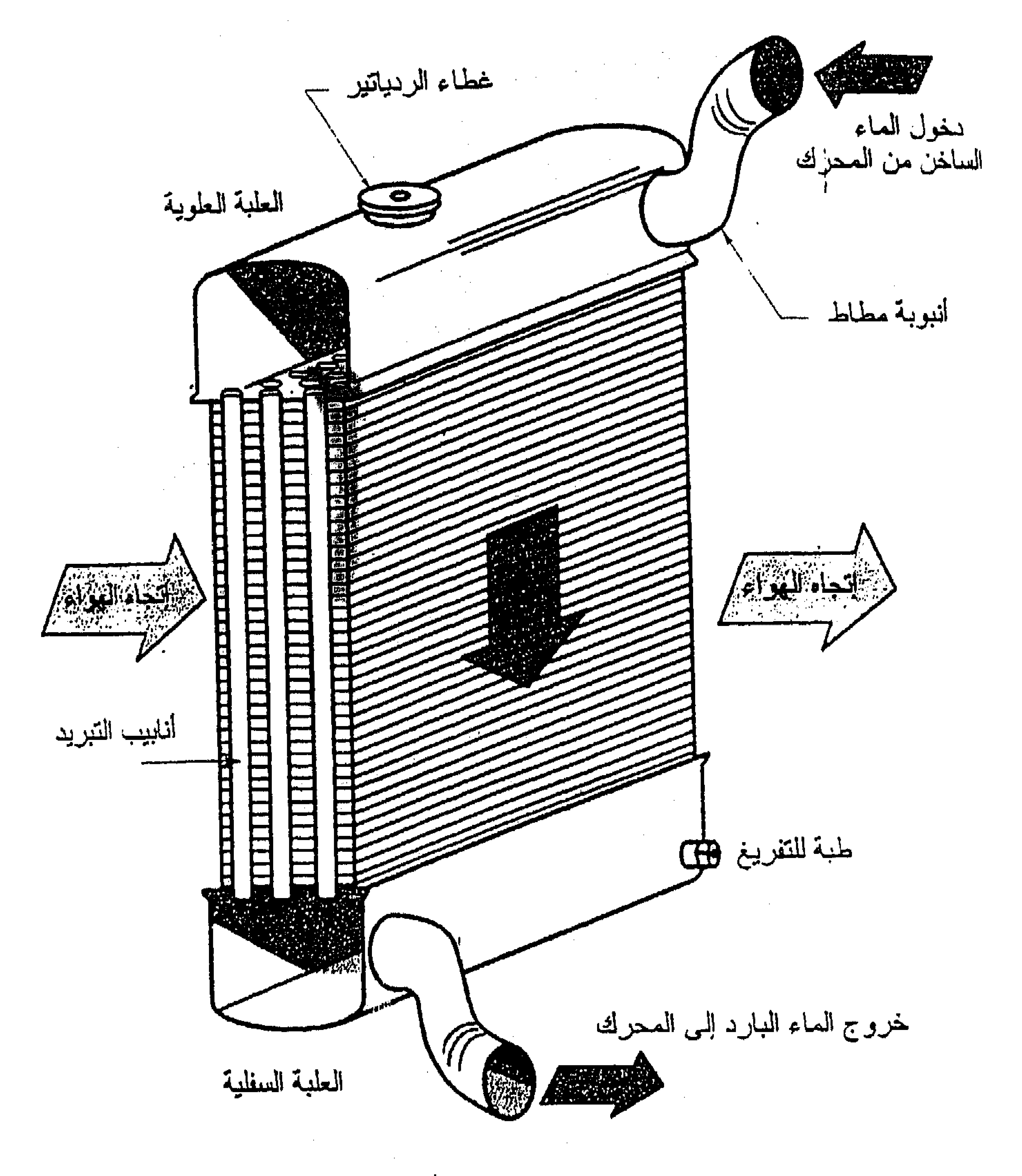
الغرض منه تبريد المياه الساخنة الخارجة من قميص التبريد والمحافظة على أن تكون درجة حرارته أقل من درجة الغليان بحيث لا تتعدى درجة حرارتها عن (70°C الى 75°C). وهو عبارة عن مبدل حرارى Heat exchanger بين مياه التبريد الساخن والهواء الجوى. ويوضع الرادياتير أمام المحرك حيث يواجه الهواء. كما توضع مروحة هواء خلفه مباشرة وتدار بواسطة سير من عمود إدارة المحرك والغرض منها سحب الهواء الجوى خلال الرادياتير للمساعدة فى عملية التبريد خصوصا إذا ما كانت المركبة بطيئة السرعة أو فى حالة الانتظار.

الرادياتير كما يوضح شكل (6-9) عبارة عن إناء يتركب من حوض فى أعلاه وآخر من أسفل يصل بينهما عدد كبير من الأنابيب الرفيعة لزيادة مساحة السطح المعرض لانتقال الحرارة ولها معامل توصيل حرارى مرتفع. ويتصل الخزان الأعلى بقمة الأسطوانة ويتصل الخزان الأسفل بقاعها. حيث يمر فيه الماء الساخن الخارج من قميص التبريد فيبرد بتأثير التيارات الهوائية الحادثة حول هذه الأنابيب. ويعتمد معدل التبريد فى الرادياتير إلى حد كبير على سرعة الهواء خلاله. فمعدل التبريد يزداد مع زيادة سرعة الهواء والعكس صحيح. كما يعتمد معدل التبريد فى الرادياتير أيضاً على نظافته من الداخل والخارج وكذلك سلامة زعانفه.

أنواع الرادياتير

1- الرادياتير ذو الأنابيب ذات الزعانف (شكل 6-10):

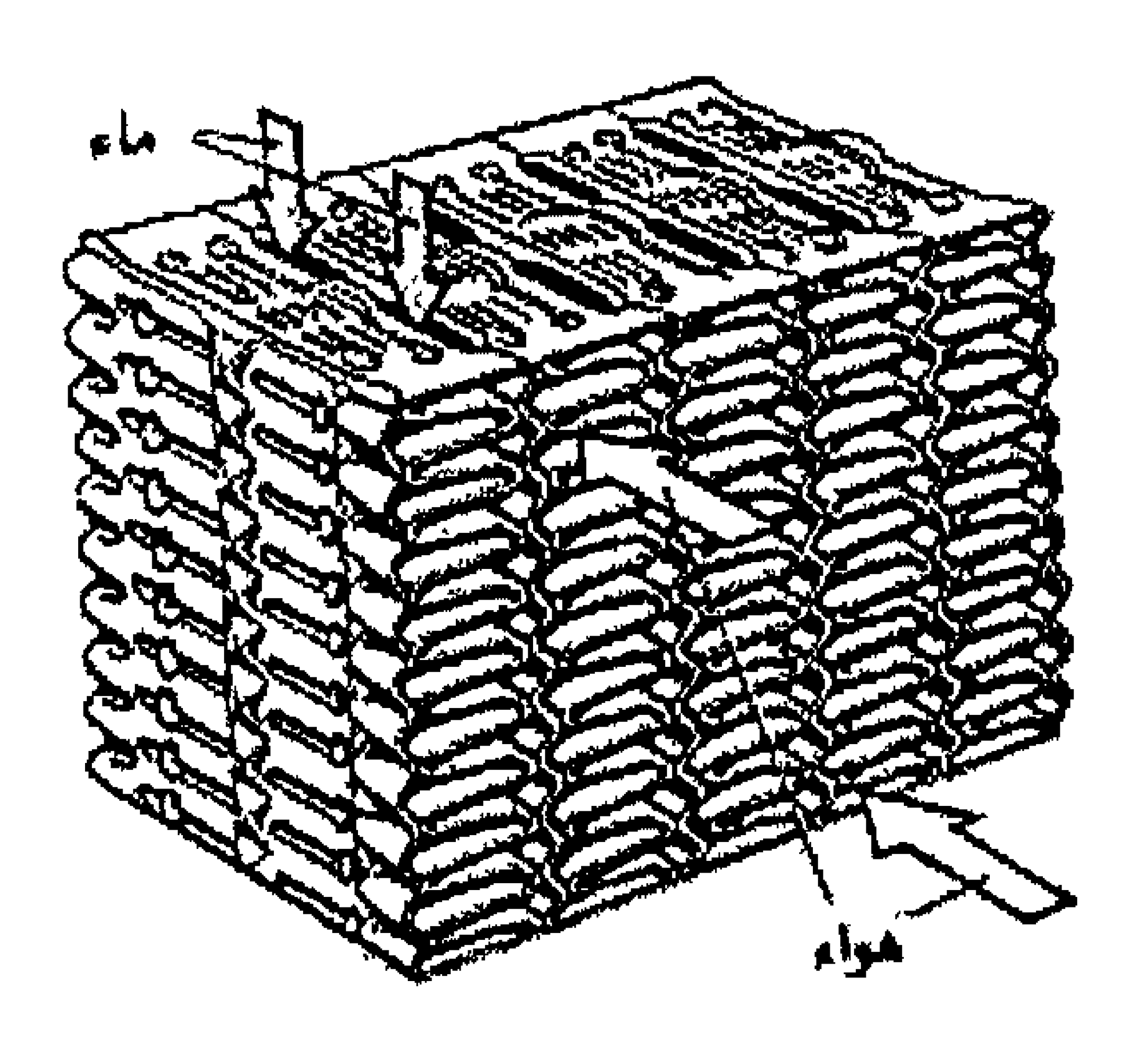
وهو عبارة عن عدة أنابيب رأسية مستديرة أو مستطيلة القطاع تصل بين الحوض الأعلى والأسفل الرادياتير ويمر فيها الماء من أعلى الى أسفل فى جميع المواسير وكل أنبوبه عبارة عن ممر مائى منفصل عن غيرها. وتلحم بهذه الأنابيب زعانف رفيقة مسطحة أو حلزونية لزيادة السطح المعرض للهواء البارد وذلك لسرعة عملية التبريد. ويفضل هذا النوع من الرادياتير فى الشاحنات والجرارات



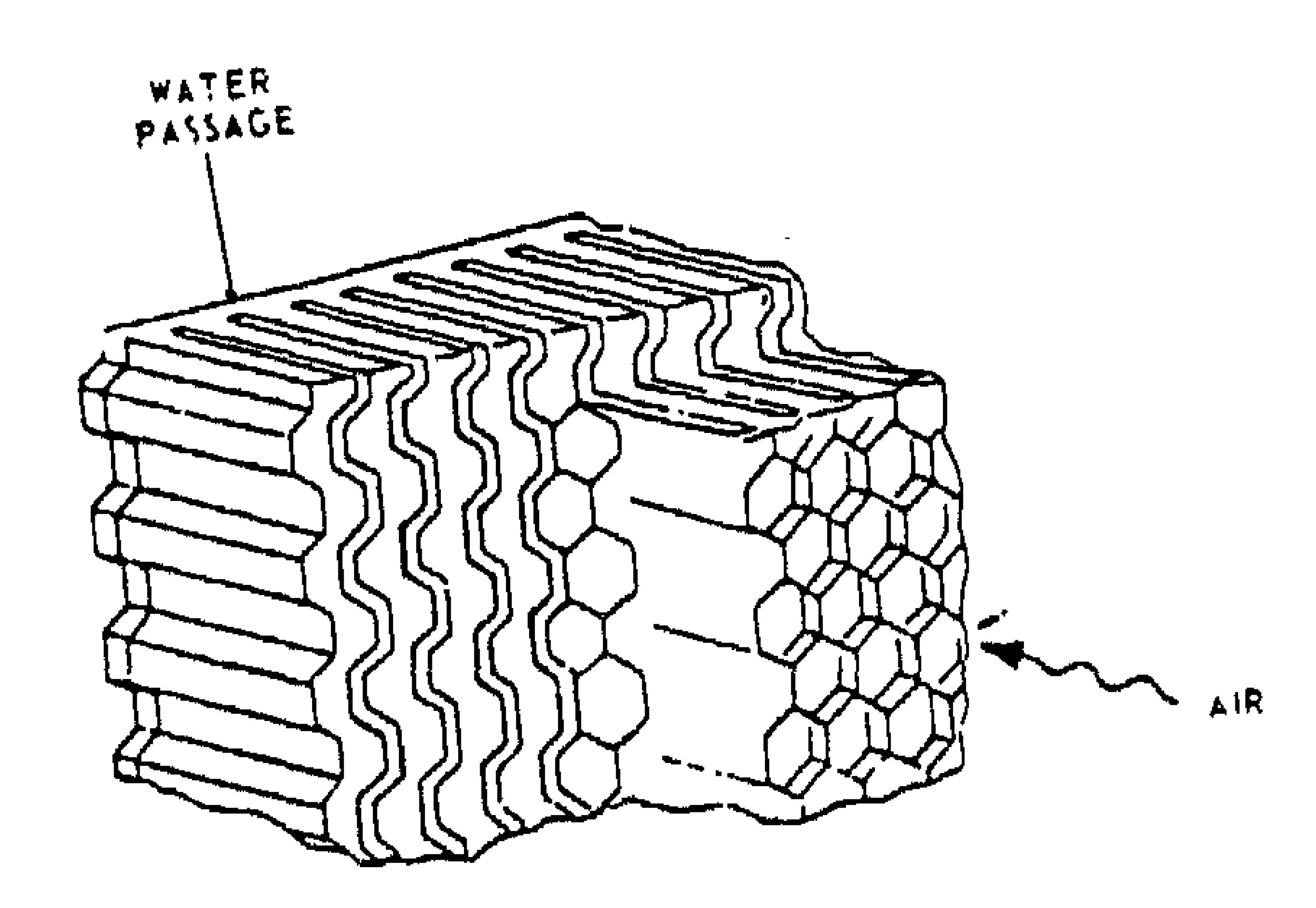
شكل(6-9): الرادياتير

2- الرادياتير على هيئة خلايا النحل (شكل6-11):

وهو عبارة عن مجموعة من الأنابيب النحاسية القصيرة بطول 10 cm مقطعها مسدس الشكل توضع أفقية بجانب بعضها بين الحوض الأعلى والحوض الاسفل وتلحم أطراف نهايتها ببعضها بحيث أنه بعد تصفيف الأنابيب بجانب بعضها يتكون بينها فراغ من حول كل أنبوبة تمر فيه مياه التبريد، بينما يمر الهواء داخل المواسير.



شكل(6-10): الرادياتير ذو الأنابيب ذات الزعانف



شكل(6-11): الرادياتير على هيئة خلايا النحل

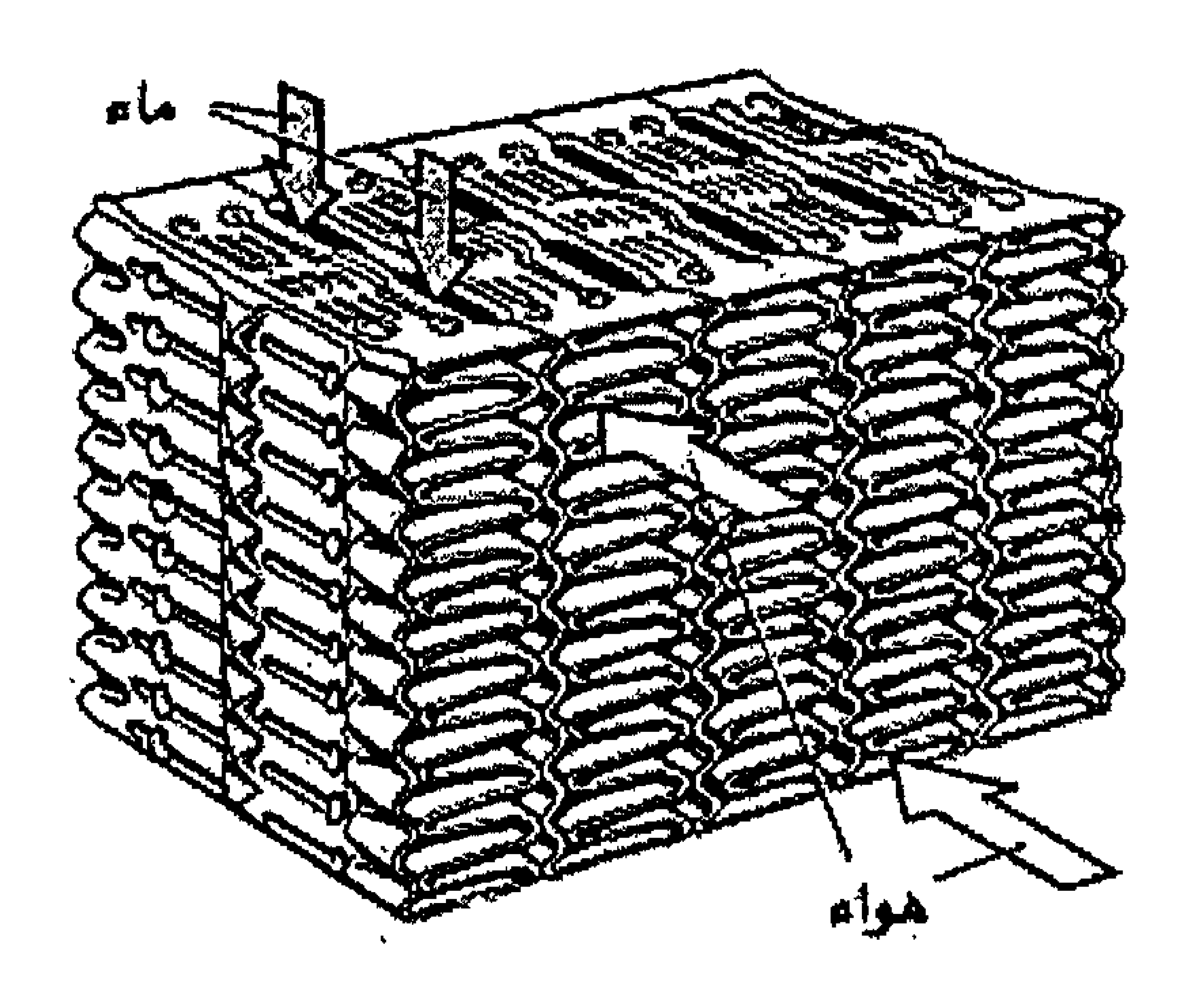
3 - الراديانير ذو الرقائق (شكل 6-12)

وهو عبارة عن ألواح معدنيـة رقيقـة الجدار وتلحم ببعضها بحيث تـترك مسارات لسريان ماء التبريد والهواء. ويعيب هذا النوع تعرضه لانسداد يسبب ضيق المسارات وتموجها بالإضافة إلى ذلك فإن مقاومته للضغط منخفضة. ولـذلك فقـد أصبح استعماله نادراً.

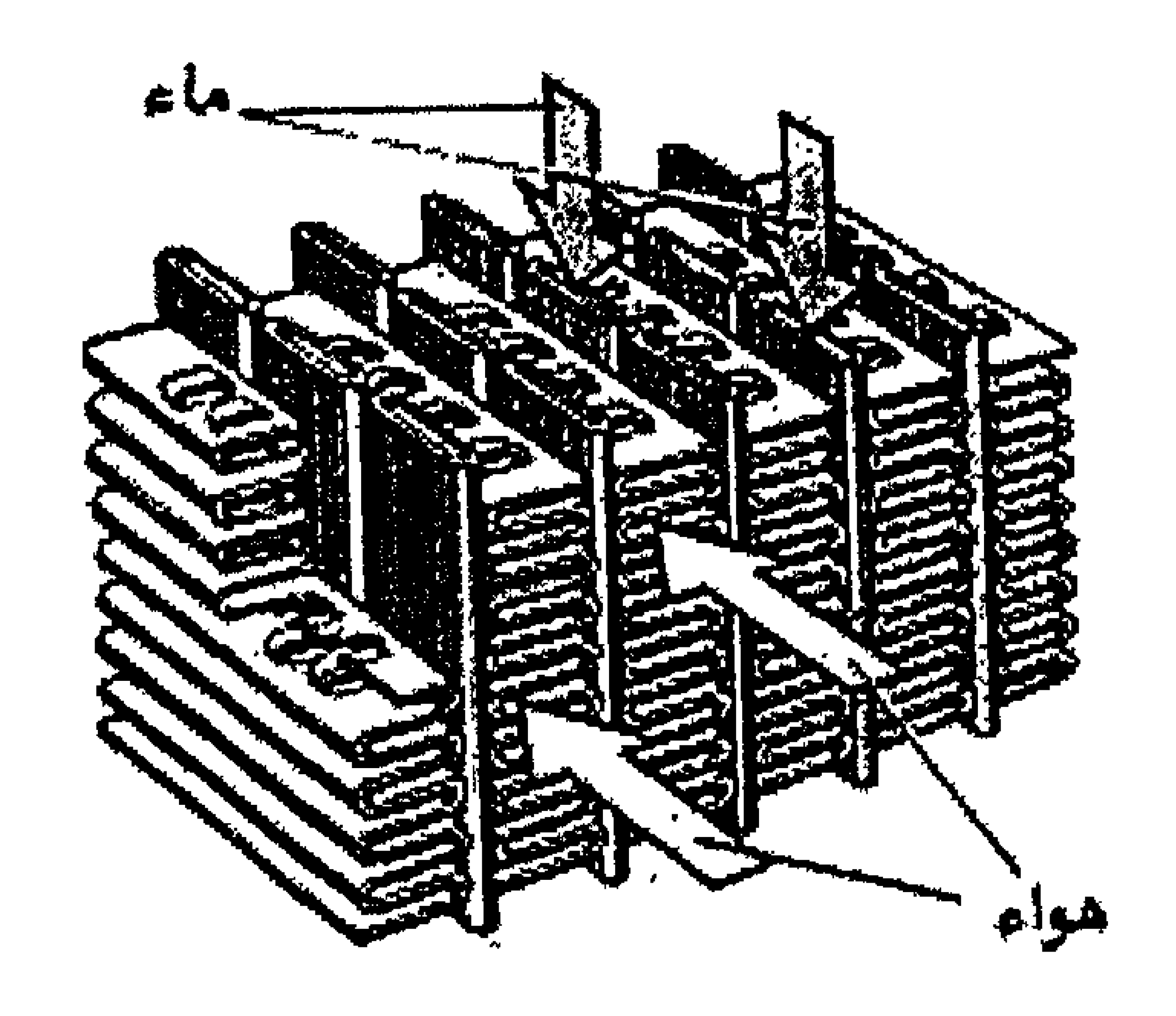
4 - الراديانير ذو الأنابيب بزعانف متوازية متموجة (شكل6-13

وهـو عبـارة عـن أنابيـب رأسـية يمـر فيهـا المـاء وتلحـم فيمـا بينهـا زعـانف متموجة. وهذا النوع المنتشر حالياً فى سيارات ركوب الأشخاص وذلك بسبب رخص ثمنه.

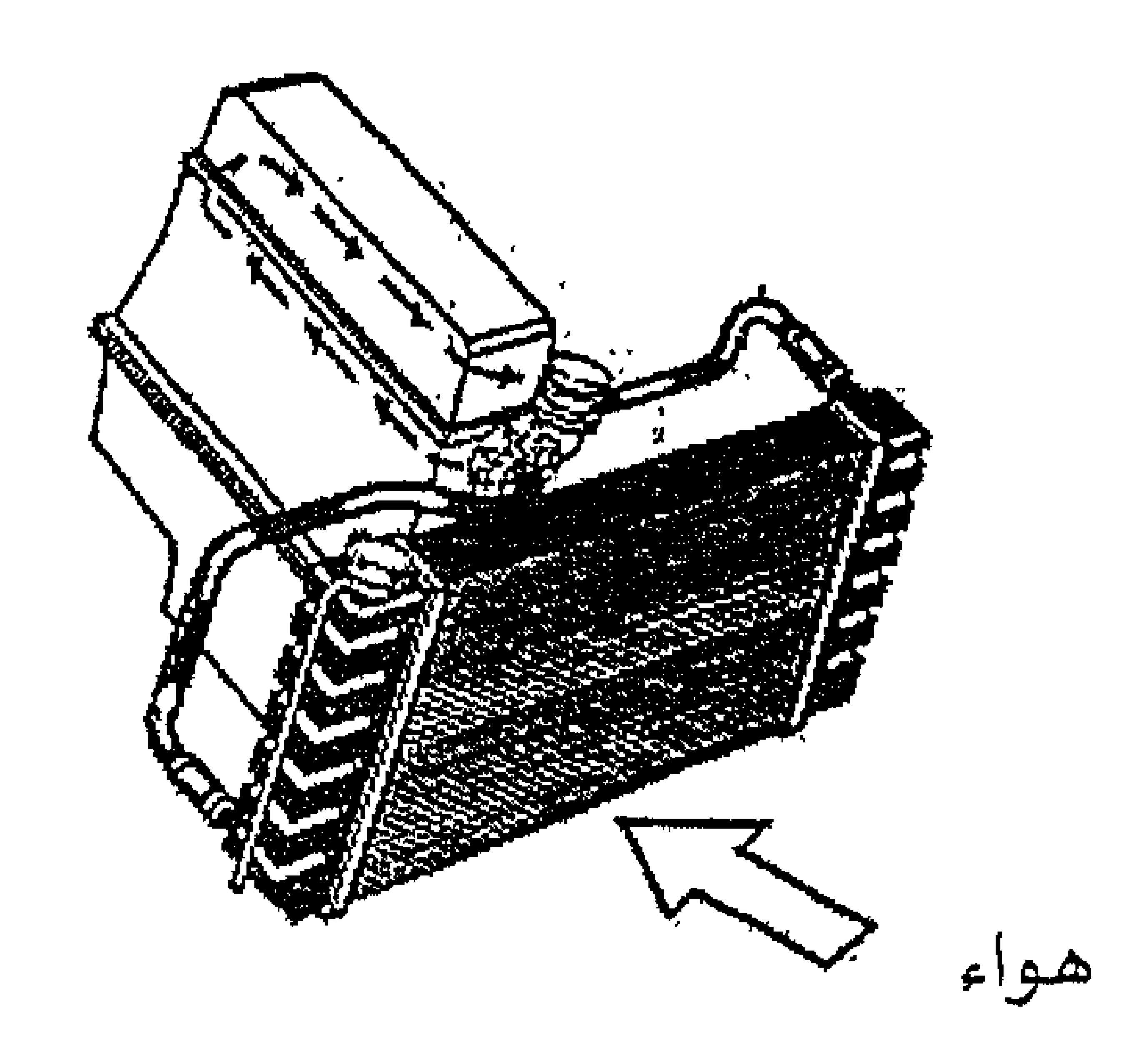
ويلاحظ فى الأنواع السابقة يمر مياه التبريد رأسياً من الخزان العلوى إلى الخزان السفلى وهناك أنواع من الراديانير تعرف بذات السريان المستعرض حيث يجرى فيها مياه التبريد فى أنابيب أفقية وتكون خزانات الماء فلا الجانبين (شكل 6-14) وبذلك ينخفض ارتفاع الراديايتر ويستخدم عندما يكون ارتفاع الحد المتاح لتركيب الراديانير فيها صغيراً.



شكل (6-12): الراديانير ذو الرقائق



شكل (6-13): الرادياتير ذو الأنابيب بزعانف متوازية متموجة



شكل (6-14): الرادياتير ذات السريان المستعرض

غطاء الرادياتير

يعتقد البعض أن غطاء الرادياتير مجرد غطاء وهذا اعتقاد خاطئ حيث أن الغطاء يقوم بوظائف منها يسمح للضغط داخل دورة التبريد بالارتفاع عن الضغط الجوى قليلاً عند تشغيل المحرك بهدف:

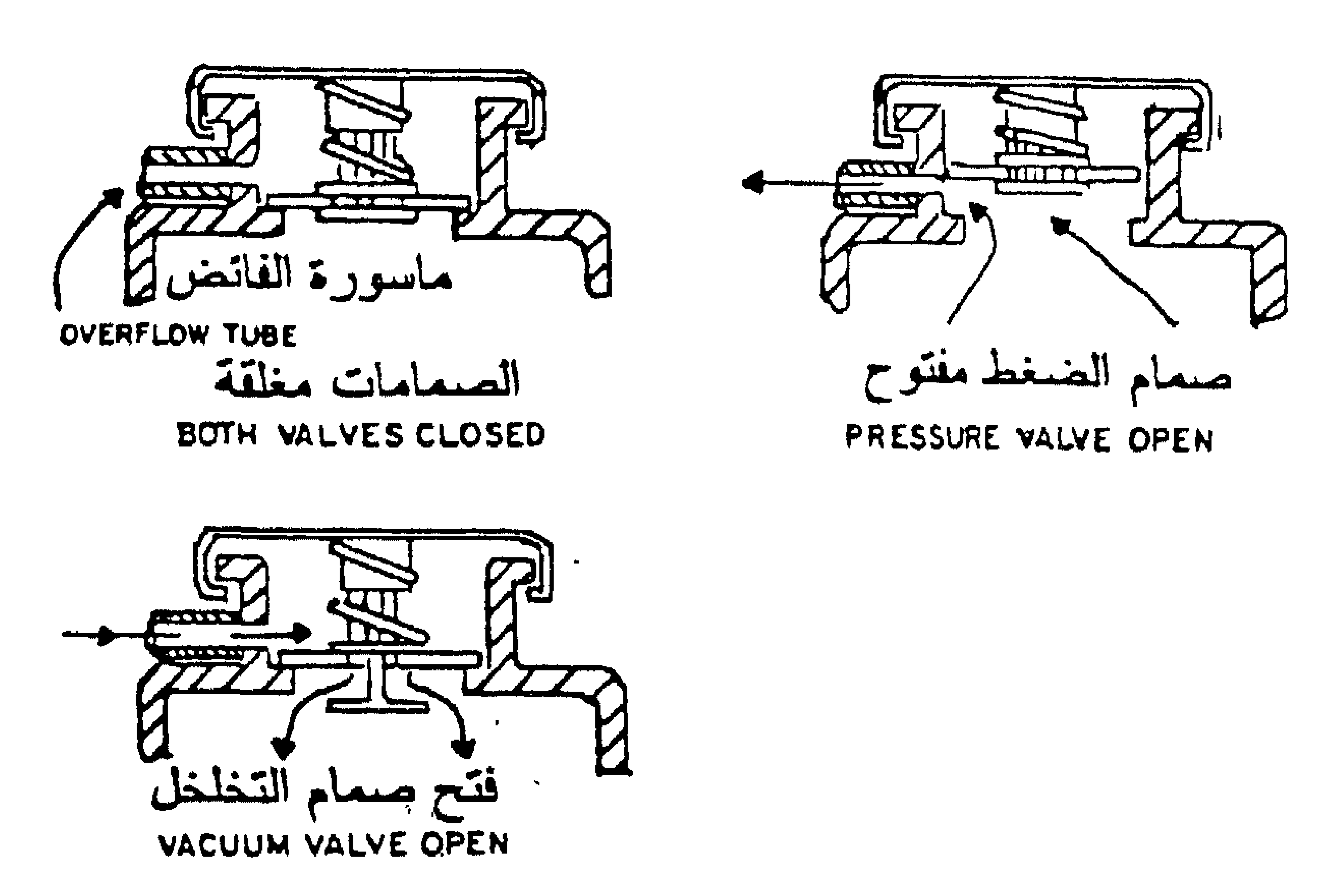
- رفع درجة غليان ماء التبريد إلى درجة اكبر من $100^{\circ}C$ لتفادى تبخره إذا حدث ارتفاع غير متوقع فى درجة الحرارة.
- رفع كفاءة التبريد فى الدورة، حيث أن انتقال الحرارة يزيد مع الضغط.
- المحافظة على كفاءة تشغيل مرتفعة للمضخة.

ويجب عند نزع غطاء الرادياتير والمحرك ساخن مراعاة الآتى:

- فتح الغطاء ببطء شديد لمعادلة الضغط الداخلى بالضغط الجوى.
- الحرص من الاندفاع المفاجئ للماء الساخن والبخار إلى الخارج.

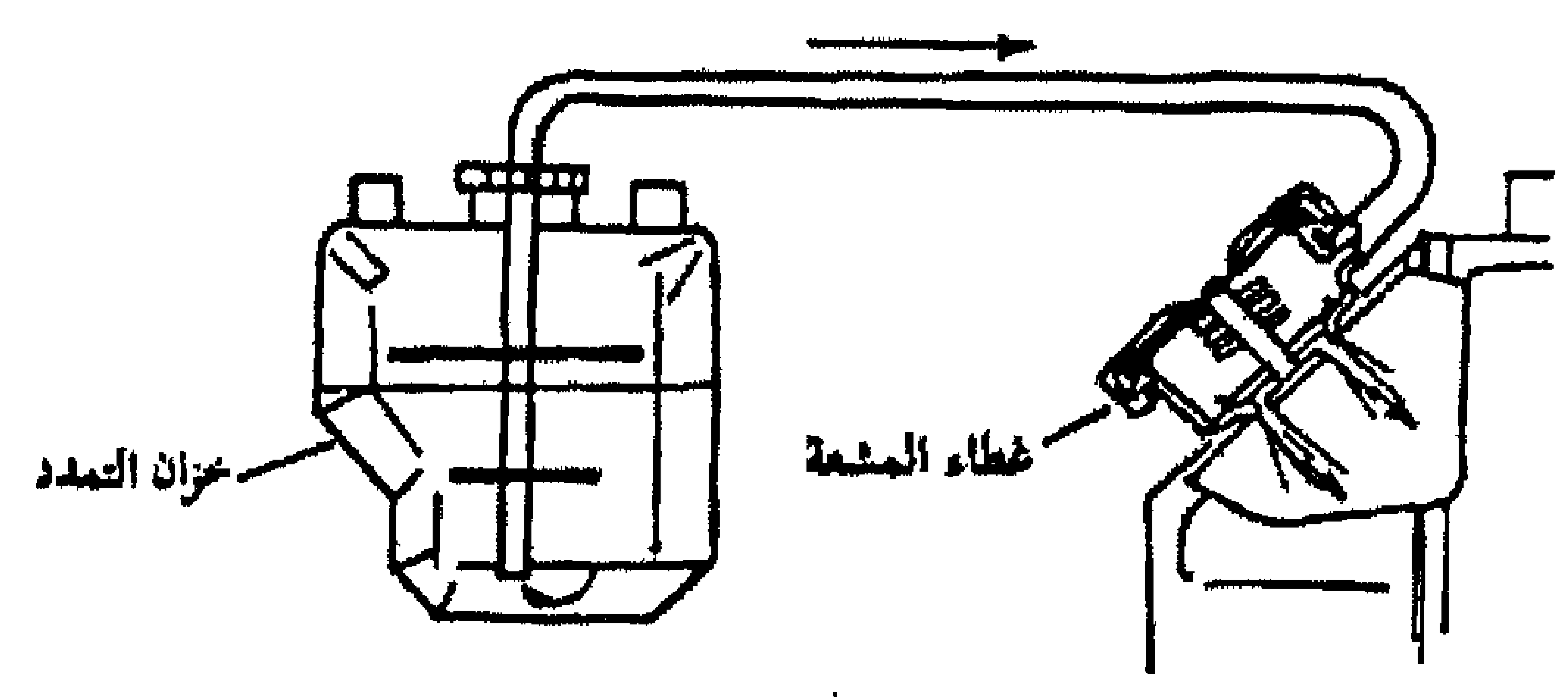
فى حالة الاستعجال، يجب وضع كتلة سميكة وكبيرة من القماش على غطاء الرادياتير، والضغط عليها من جميع الجوانب أثناء فتحه. كما يجب أيضا مراعاة إبعاد وجه الشخص بقدر الإمكان عن فتحة الرادياتير لحمايته من أى خطر، وعدم التسرع فى فتح الغطاء.

يحتوى غطاء الرادياتير كما هو موضح بشكل (6-15) على صمامين متداخلين مدعمين بيايات للاحتفاظ بهما مغلقين فى الظروف العادية، الصمام الخارجى هو صمام الضغط Pressure valve ويفتح فقط عند ارتفاع الضغط عن حد معين والصمام الداخلى هو صمام التخلخل Vacuum valve ويفتح عندما ينخفض الضغط فى داخل الرادياتير عن حد معين. الارتفاع الكبير فى الضغط أو التخلخل قد يحدث تحطم فى أنابيب الرادياتير.



شكل (6-15): صمامات غطاء الرادياتير

ويركب مع الرادياتير خزان احتياطى للماء (قربة ماء) كما يوضح شكل (6-16) وتوصل مع الرادياتير بواسطة أنبوبة مطاطية.. يملأ الخزان الاحتياطى بالماء إلى مستوى معين وعند ارتفاع درجة حرارة ماء التبريد يندفع بخار الماء من غطاء الرادياتير إلى الخزان وعند انخفاض درجة حرارة ماء التبريد فإن يحدث تخلخل ويؤدى إلى سحب الماء من هذا الخزان إلى الرادياتير مرة ثانية ويعرف الخزان الاحتياطى بخزان التمدد.



(Expansion Tank)

شكل (16-6) خزان التمدد (الخزان الإضافى أو قربة المياه)

جهاز تنظيم حرارة مياه التبريد: (الصمام الحرارى) Thermostat

يجب أن تكون كمية المياه وسرعة سيرها فى قميص التبريد كافيه لحفظ درجة حرارة المحرك ثابتة عند حد معتدل، فلا يجب أن تتعدى درجة حرارة المياه 75°C، وهذا من اليسير الحصول عليه أذا كانت سرعة المحرك وحمل ثابتين. إلا أن التغير فى السرعة أو الحمل يصحبه تغير فى درجة حرارة المحرك. وعلى ذلك يجب تنظيم كمية مياه التبريد لتناسب سرعة المحرك والحمل الواقع عليه.

ففى المحركات الثابتة ينظم الماء الداخل إلى القميص بواسطة محبس. أما فى حالة المحركات المتنقلة فيصعب حفظ درجة الحرارة ثابتة دائماً لأن كمية الهواء

الذى يتخلل الرادياتير تتوقف على سرعة انتقال المحرك ويتم تنظيم درجة حرارة مثل هذه المحركات بجهاز يسمى جهاز تنظيم الحرارة "ثرموستات" Thermostat

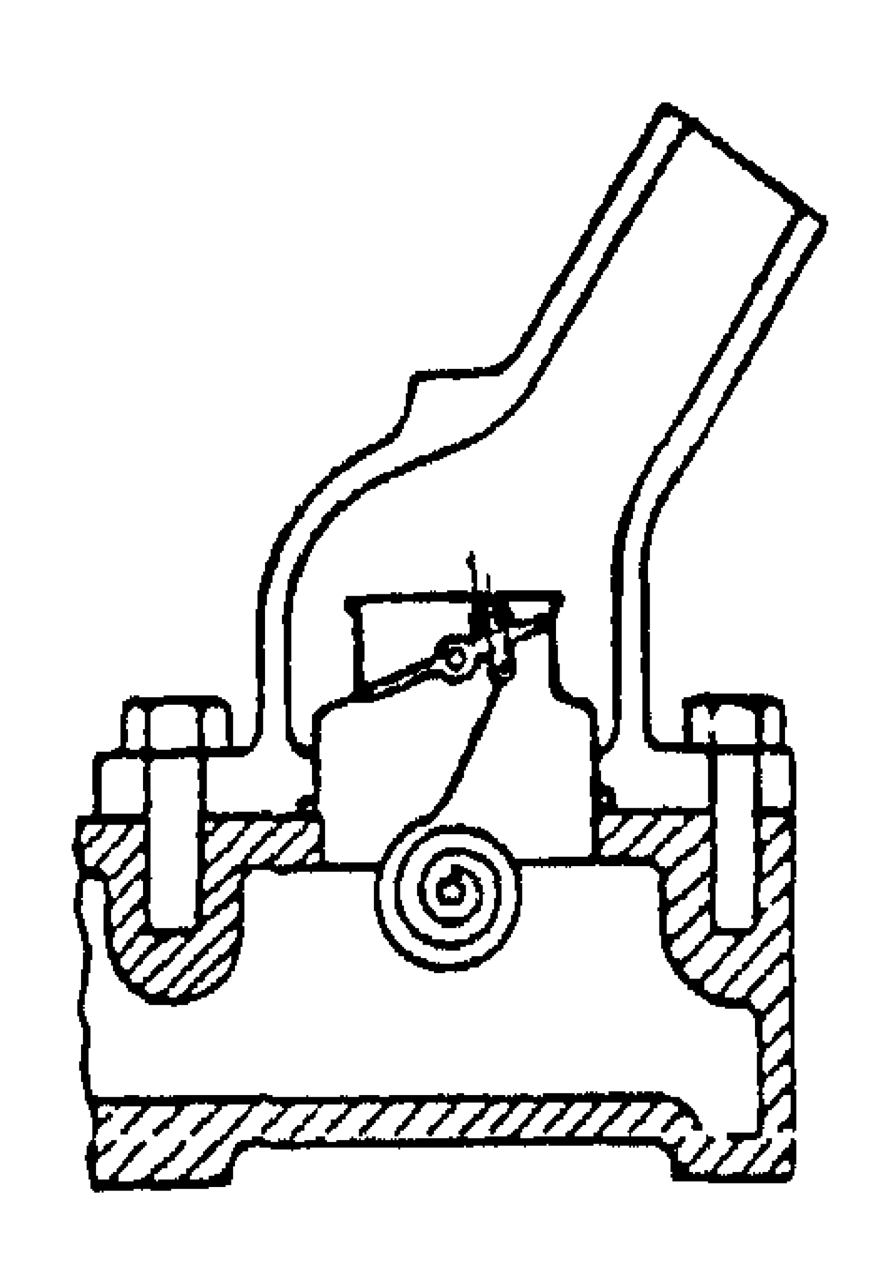
والثرموستات Thermostat عبارة عن صمام يعمل بارتفاع أو انخفاض درجة الحرارة، ومثبت فى مسار الماء بين رأس الاسطوانات وأعلى الرادياتير، والغرض منه إغلاق تلك المجرى عندما يكون المحرك بارداً، لكى يصل بسرعة إلى درجة حرارة التشغيل، أى أنه يعمل على تخفيض فترة تسخين المحرك، كما أنه يحافظ على ثبات هذه الدرجة أثناء تشغيل المحرك.

يعتقد البعض أنه من الأفضل إزالة الثرموستات فى البلاد الحارة مثلا مصر والدول العربية لزيادة تبريد المحرك، وهذا الاعتقاد خاطئ حيث أن الثرموستات مصمم بحيث يفتح فتحاً كاملاً عندما يصل المحرك إلى درجة حرارة التشغيل، ويغلق جزئياً أو تماماً عندما تكون درجة حرارته أقل من درجة التشغيل أو عند بدء المحرك. أى أنه يعمل على تنظيم درجة حرارة المحرك بحيث تكون حول درجة التشغيل عند جميع ظروف التشغيل، وهذا مفيد جداً للمحرك.

ويوجد نوعين من أجهزة تنظيم الحرارة وهما:

1- جهاز تنظيم الحرارة ذو الملف المعدنى:

يتركب جهاز تنظيم الحرارة ذو الملف المعدنى كما فى شكل (6-17) من ملف معدنى على هيئة شريط مكون من طبقتين من معدنين مختلفى التمدد اختلافا كبيراً "الصلب والبرونز" ويتصل الملف بصمام خنق يدور حول محور والملف موضوع فى طريق مجرى المياه الخارجية من الاسطوانات. فعندما ترتفع درجة المياه عن الحد المعين يتمدد المعدن السريع التمدد بدرجة أكبر من المعدن الآخر ويتقوس الشريط ويعمل على فتح الصمام المتصل به فتمر مياه التبريد بكمية اكبر عاملة على خفض درجة الحرارة. فإذا ضبط الصمام بحيث يسمح بمرور كمية مناسبة من الماء عند درجة حرارة معلومة فإن هذه الكمية تزداد عند ارتفاع درجة الحرارة وتقل عند هبوطها وبذلك يمكن حفظ درجة الحرارة ثابتة تقريباً.



شكل (6-17): جهاز تنظيم الحرارة ذو الملف المعدنى

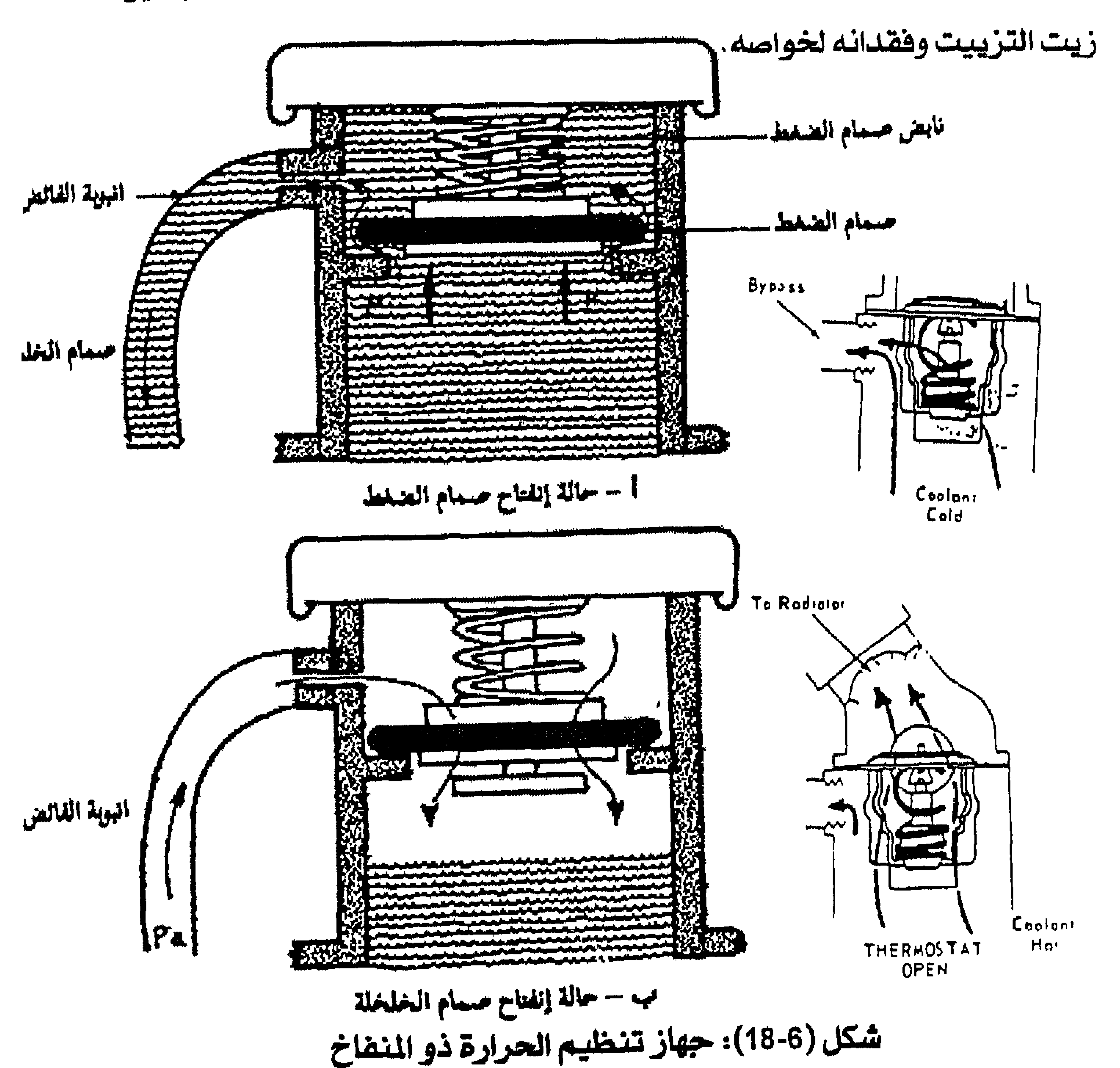
2- جهاز تنظيم الحرارة ذو المنفاخ

يتركب كما فى شكل (6-18) من عدة أقراص صغيرة ومصنوعة من البرونز الرقيق ومتصلة ببعضها، صانعة ما يشبه المنفاخ ثم تملأ بسائل سريع التبخر مثل الأثير فعندما يسخن الماء إلى درجة مرتفعة 65°C تقريباً يتحول السائل داخل المنفاخ إلى بخار يؤثر ضغطه على المنفاخ فيتمدد ويبدأ الصمام فى فتح الصمام مفتوحاً تماماً إلى نهايته وعندما تقل الحرارة عن 65°C ينكمش المنفاخ ويغلق الصمام فتنقطع حركة المياه من المشع، فتأخذ حرارة مياه التبريد المار حول الاسطوانات فى الارتفاع بسرعة إلى الدرجة التى تؤثر على السائل فيتبخر ويعمل

على فتح الصمام كما ذكر سابقاً، وهكذا يعمل الجهاز على أن لا تتعدى درجة حرارة مياه التبريد حداً معيناً سواء فى الانخفاض والارتفاع.

ويوجد بصمام الجهاز ثقب صغير يسمح بمرور دورة مائية بطيئة عندما يكون الصمام مغلقاً، ووجود هذا الثقب ضرورى خصوصاً عند تزويد المشع بالماء عندما يكون الصمام مغلقاً.

وقد يلاحظ أنه لا يجب السماح لدرجة حرارة مياه التبريد بالوصول إلى درجة الغليان حتى لا يؤثر ذلك على زيت التزييت فيحترق علاوة على تمدد أجزاء المحرك تمدداً يؤدى إلى زيادة الإجهاد. أما إذا كانت المياه باردة أدى ذلك إلى ضعف تبخر الشحنة وتكاثف البنزين على جدران الاسطوانة الداخلية وعمل على ميوعة زيت التزييت وفقدانه لخواصه.



شكل (6-18): جهاز تنظيم الحرارة ذو المنفاخ

مروحة الهواء Air Fan

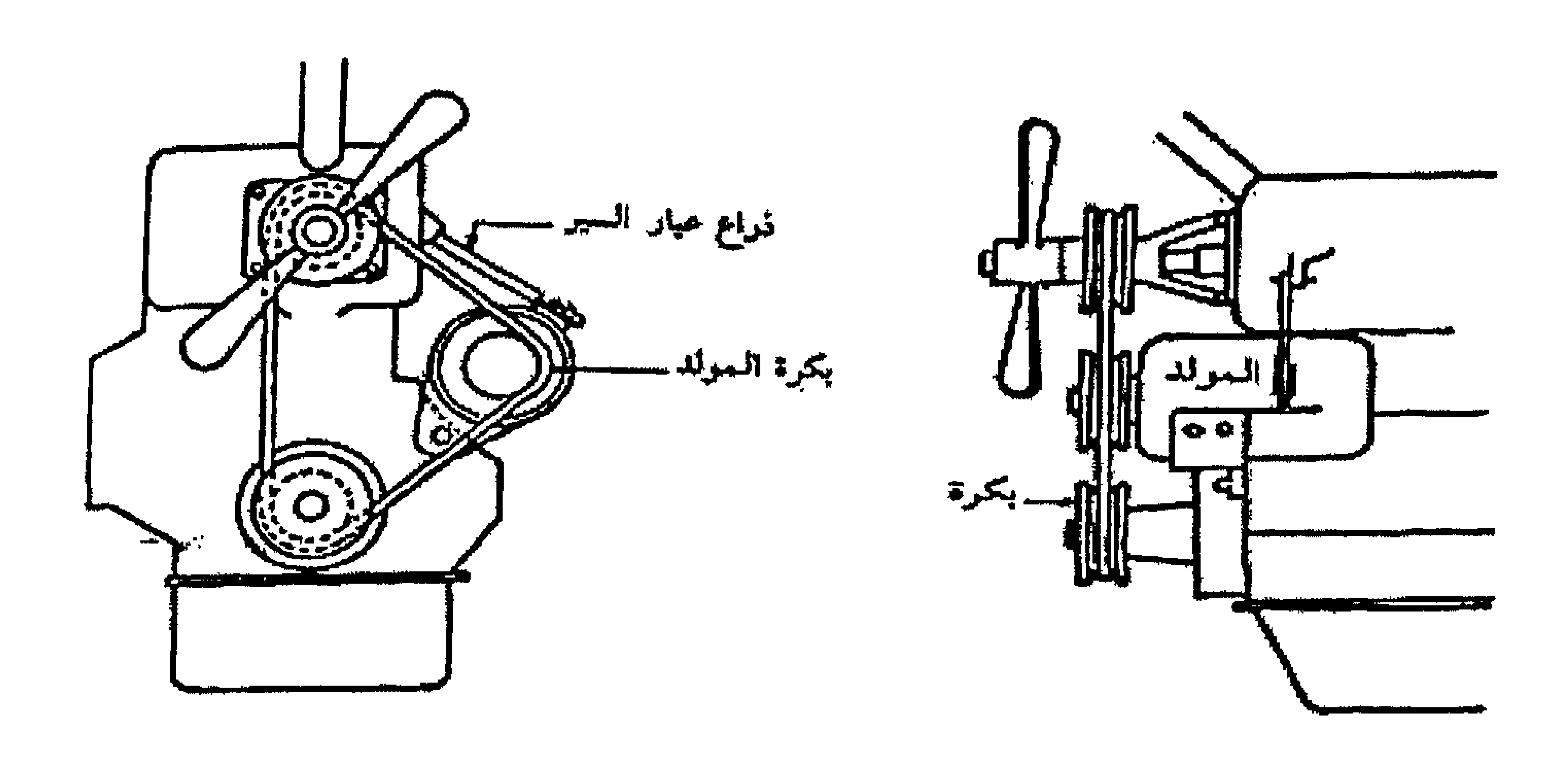
تقع مروحة الهواء فى منظومة التبريد ما بين الرادياتير والمحرك ويركب فى الغالب غلاف حول المروحة لزيادة جودتها وللتأكد من مرور جميع الهواء المندفع بواسطة المروحة خلال الرادياتير، وللتخفيف من صوت المروحة. وتكون المروحة فى العادة مركبة على نفس محور دوران مضخة مياه التبريد ووظيفة مروحة الهواء هى سحب الهواء من أمام الرادياتير ودفعه على مواسير الرادياتير لسحب الحرارة من مياه التبريد.

ويجب الإشارة أن المروحة تساهم أيضاً فى تبريد المحرك بطريقة مباشرة عن طريق دفع الهواء البارد على جسم المحرك وهذا يؤدى إلى تحسين التبريد خصوصاً عند توقف المركبة مع دوران محركها أو عند السير البطئ.

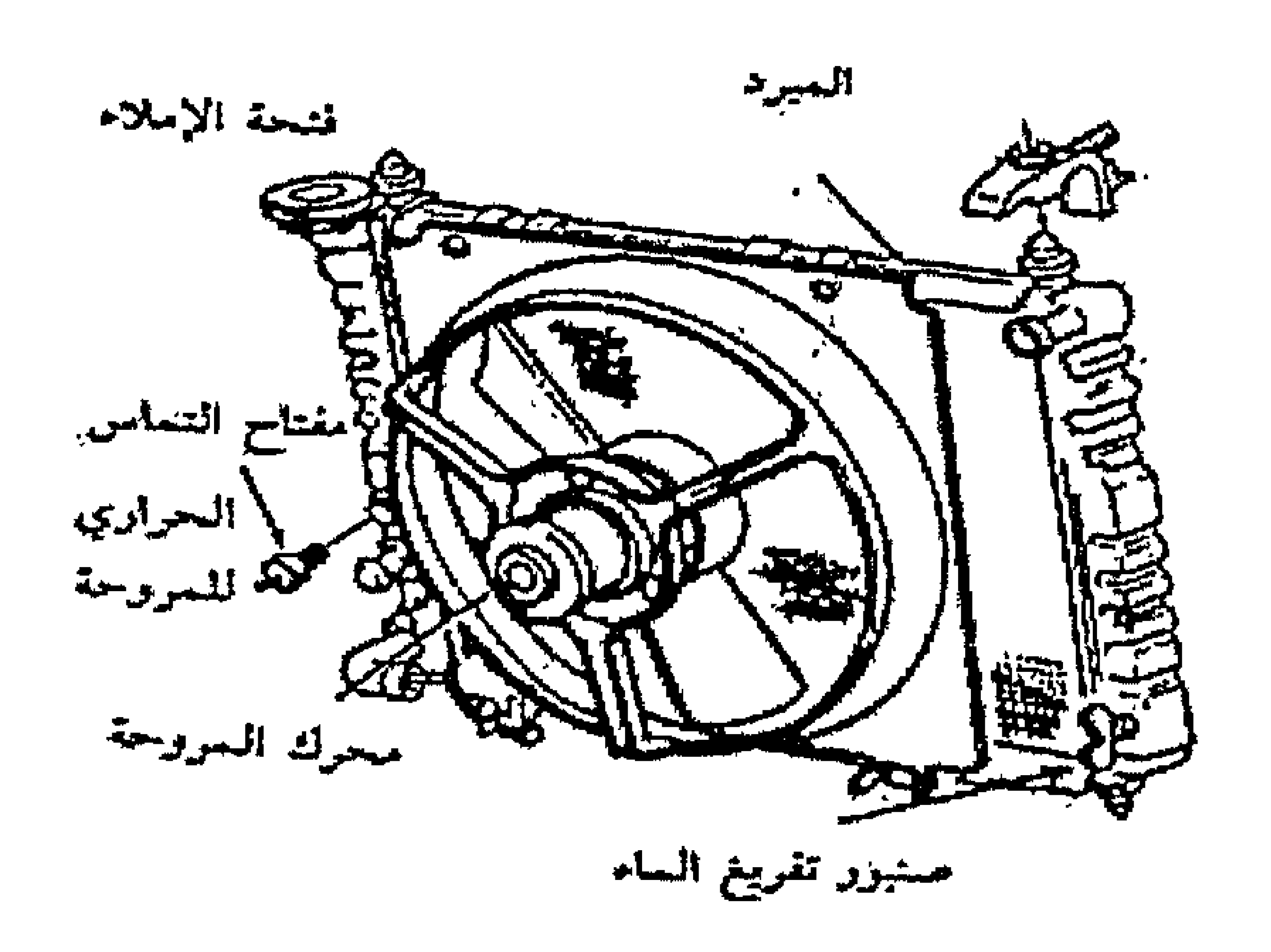
وهناك عدة تصاميم مختلفة لإدارة مروحة الهواء منها:

١- الإدارة المباشر من عمود الكرنك عن طريق سير ذو مقطع V (شكل6-19) ويجب العناية بسير المروحة والمحافظة عليه مشدود لعدم انزلاقه حتى لا تقل سرعة المروحة عن السرعة المحددة لها.

٢- استخدام مروحة كهربائية (شكل6-20) وهذه المروحة تعطى كفاءة تبريد أفضل خصوصاً فى السرعات المنخفضة والأحمال العالية بالإضافة إلى تخفيض استهلاك الوقود وتخفيض الضوضاء. وتدار المروحة بواسطة محرك كهربائى يتم التحكم فيه بواسطة ترموستات ويكون الثرموستات جزء من الدائرة الكهربائية للمروحة حيث يفصل التيار عن المروحة عندما يكون المحرك بارداً ويوصله أوتوماتيكياً عندما يصل إلى درجة حرارة التشغيل. وفى هذه الحالة يمكن تركيب المروحة قبل الراداتير أو بعده.



شكل (6-19): الإدارة المباشرة لمروحة التبريد عن طريق عمود الكرنك



شكل (6-20): المروحة الكهربائية لتبريد الراداياتير

خراطيم مياه التبريد Water Hoses

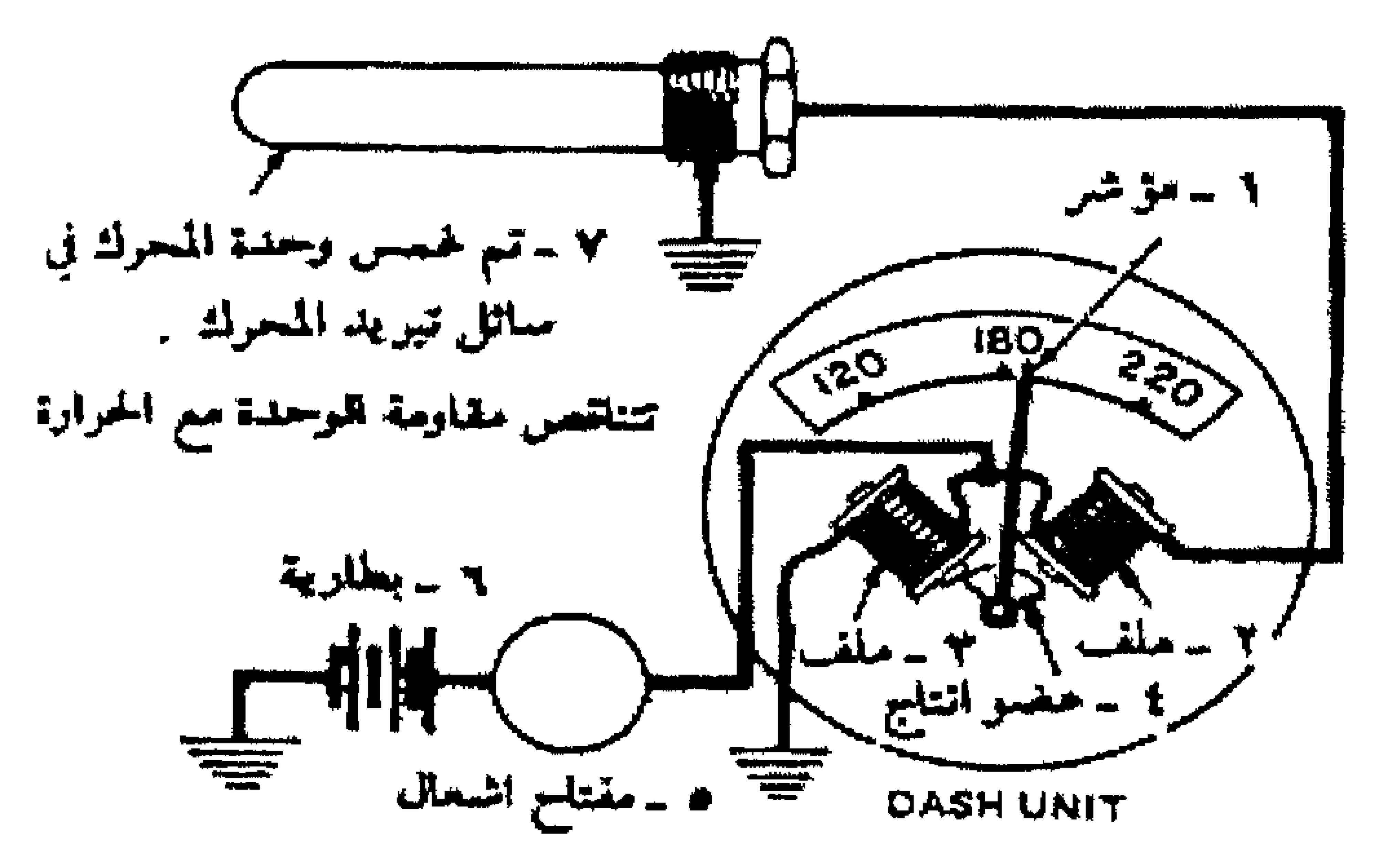
تستخدم الأنابيب المطاطية لربط المحرك بالرادياتير فى منظومة التبريد بالماء بسبب مرونتها وقابليتها على تحمل الاهتزاز بشكل أفضل من الأنابيب المعدنية. ووظيفة خراطيم مياه التبريد هى نقل مياه التبريد من المحرك إلى الرادياتير وتصنع الخراطيم من المطاط المرن المقاوم للحرارة. كما تزود بطبقة أو بطبقتين من النسيج لزيادة المتانة.

مبينات درجة حرارة مياه التبريد Water Temperature Gauges

تزود المركبات بمبين (أمبير الحرارة) لمعرفة درجة حرارة مياه تبريد المحرك من سخونة المحرك وهناك أنواع مختلفة من مبينات درجة الحرارة مياه التبريد.

١- مبين درجة حرارة مياه التبريد ذو ملف التوازن

يتكون المبين من ملفين وعضو إنتاج مركب عليه أبرة (المؤشر) كما يوضح شكل (6-21) وتتغير مقاومة وحدة المحرك مع درجة الحرارة بحيث تقل المقاومة عند الحرارة العالية وبذلك يمر تيار كبير يجذب عضو الإنتاج المتصل بالمؤشر نتيجة زيادة المجال المغناطيسى بحيث يشير المؤشر إلى درجة حرارة أعلى أو العكس.



شكل (6-21): مبين درجة حرارة مياه التبريد

الباب السابع
الدوائر الكهربائية للمحرك

Chapter (7)
(Engine Electrical Circuits)

الباب السابع Chapter (7)

الدوائر الكهربائية للمحرك

(Engine Electrical Circuits)

مقدمة:

يناقش هذا الباب المجموعة الكهربائية المستعملة فى المحركات وللمجموعة الكهربائية عدة وظائف: فهى تدور المحرك تمهيدا لبدأ الإشعال وتولد شرارات كهربائية من الفولت العالى التى تشعل مخلوط الهواء والوقود المضغوط فى محركات البنزين وتشغيل الأضاءة. ويتم التحكم وتشغيل المجموعة الكهربائية عند طريق مفتاح التشغيل (الكنتاك) الموجود في الغالب خلف عجلة القيادة .

و المفتاح له خمسة أوضاع كالتي :

* الوضع off و يفصل التيار البطارية عن مجموعة الكهربائية
* الوضع on و به يتم توصيل التيار البطارية الى المجموعة الكهربائية لإمداده بالتيار و الفولت اللازمين لتشغيله .
* الوضع start وهو وضع لحظي لتشغيل المارش starter ، حيث تتم العَودة (بياى داخلى) إلى الوضع On بمجرد تشغيل المحرك و ترك مفتاح الإشعال و إمداده بالتيار .
* الوضع Acc و به يسمح بتشغيل الراديو و التكييف و بعض الكماليات ، مع فصل نظام الإشعال عن البطارية .
* الوضع Luck و يمنع حركة عجلة القيادة عند نزع مفتاح الإشعال .

توجد دوائر كهربائية رئيسية تعمل في المحرك ، وهي دائرة بدء الحركة ، ودائرة الشحن ودائرة الإشعال (فى محركات البنزين فقط) . كما توجد أيضا دوائر الإضاءة و بعض دوائر الأجهزة الكهربائية مثل مساحات الزجاج ،و الكاسيت و آلة التنبه وأجهزة القياس....الخ .

أولاً: دائرة الشحن Charging system

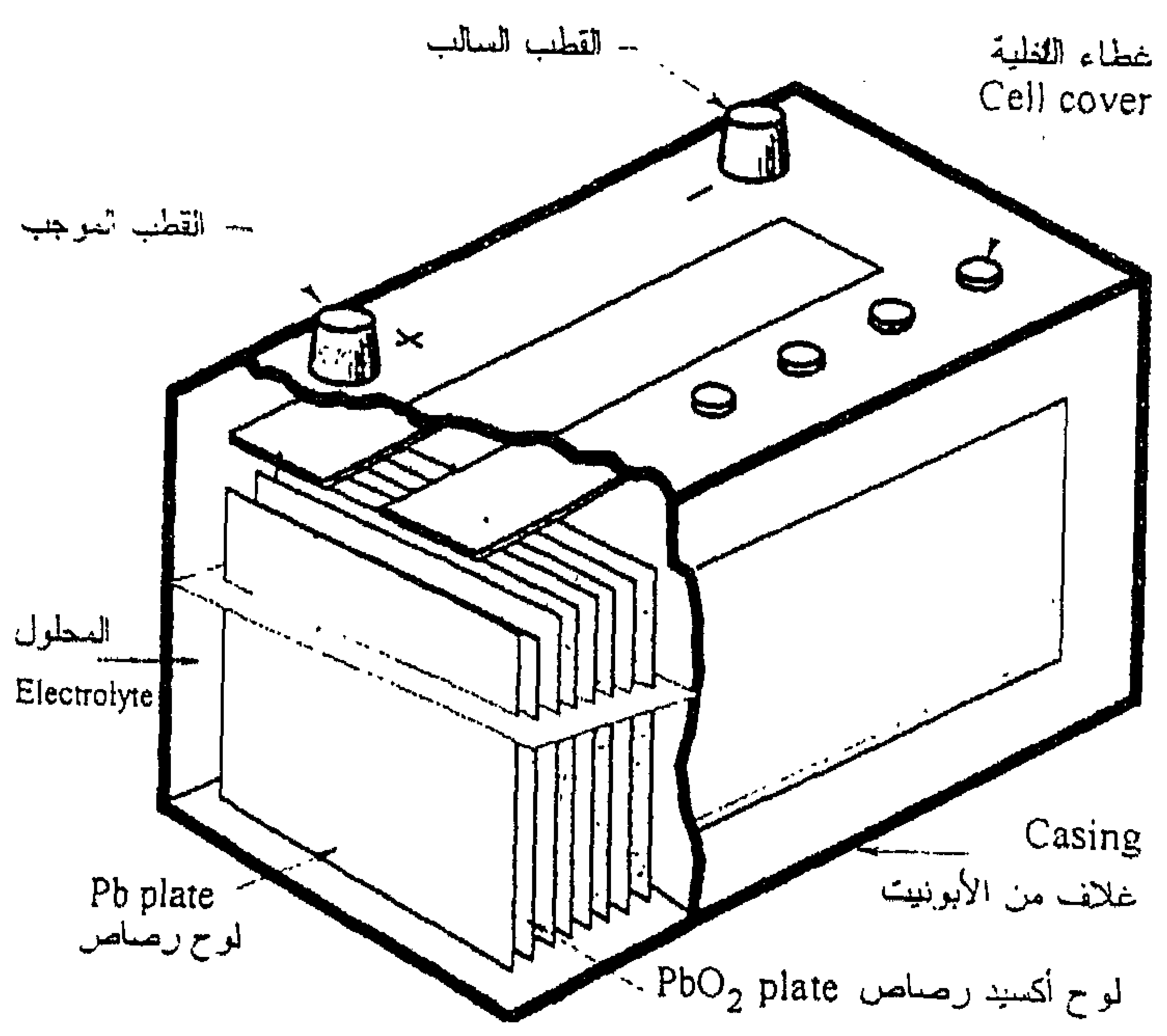
تتكون دائرة الشحن بصفة أساسية من البطارية Battery و المولد الكهربائي (الدينامو) (Generator) Alternator و منظم الفولت Voltage regulator و الكابلات الموصلة بينهم .وظيفة دائرة الشحن هي تحويل جزء من الطاقة الميكانيكية للمحرك إلى طاقة كهربائية بواسطة الدينامو لشحن البطارية وحفظها مشحونة باستمرار .

البطارية Battery

تولد البطارية الطاقة الكهربائية وتختزنها، و البطارية هي جهاز الكتروكيميائي يحول الطاقة الكيميائية إلى طاقة كهربائية لإمداد المركبة بالتيار في حالة بدء تشغيل المحرك ، حيث أنها تغذي دائرة الإشعال . و تعمل البطارية أيضا كمخزن للطاقة الكهربائية المولدة من الدينامو، حيث أنها تقوم بتحويلها إلى طاقة كيمائية ، ثم تعيدها إلى طاقة كهربائية عند اللزوم لإمداد الدوائر المختلفة بالتيار (في حالة تعطل الدينامو) لوقت قصير . فمن المعروف أن سعة البطارية محدودة ، أي أنها لا تستطيع تشغيل أجهزة السيارة لفترة طويلة. ويكون العمل على البطارية كبيرا بصفة خاصة عند بدء حركة المُحرك وعندما لا يكون المحرك دائرا ينبغى أن تكون البطارية قادرة على أمداد المجموعات المستهلكة للتيار بالتيار الكهربائي اللازم، وهنا نوعان من البطاريات المستخدمة هما البطاريات السائلة و البطاريات الجافة.

البطاريات السائلة:

تستخدم البطاريات (السائلة) الرصاصية على نطاق واسع فى صناعة المحركات نظرا لخصائصها الممتازة من حيث تخزين الطاقة الكهربائية، وتتكون البطارية (شكل 7- 1) من عدة خلايا منفصلة، جهد كل منهما 2 فولت وتتكون من خلية من عدة ألواح رصاصية موجبة وأخرى سالبة توصل كل منهما بقنطرة توصيل على شكل شريط، ولمنع التلامس المباشر بين الألواح الموجبة والألواح السالبة يوضع بين كل لوحين مختلفى الشحنة منه فاصل مسامى من البلاستيك ويرتب بين كل لوحين سالبين - لوح واحد موجب، وتوصل كابلات التغذية الرئيسية بالطرف الموجب (+) والسالب (-) للبطارية الموجودين بغطائها ويوصل الكابل المتصل بالطرف السالب بهيكل المحرك أو هيكل المركبة فى حين يوصل الكابل الموجب بالمجموعات المستهلكة للتيار الكهربائى، وهناك أنواع من المحركات تعكس فيها هذه الوصلات. وينبغى حماية البطارية من التلف، كما ينبغى صيانتها على فترات منتظمة.



شكل (7-1) : البطارية Battery

مكونات البطارية السائلة :-

1- **الغلاف الخارجي :-**

يصنع من المطاط المضغوط الصلب أو البلاستيك ويقسم من الداخل إلى حجرات لاحتواء الصفائح و تسمى هذه الحجرات بالخلايا .

2- **الغطاء العلوي :-**

يصنع من نفس مادة الغلاف الخارجي ، ويعمل على حماية الأجزاء الداخلية للبطارية من العوامل الخارجية ، وتوجد بغطاء البطارية سدادات لفتحات الملء بمعدل سدادة واحدة لكل خليه لصب محلول البطارية منها وتستخدم سدادة فتحة الملء كذلك فى التنفيس ومن ثم فهى تعرف باسم سدادة التنفيس. يوجد بها غطاء لكل خلية به ثقب لتنفيس الغازات التي قد تتصاعد أثناء التشغيل . تنزع هذه الأغطية لملأ البطارية بالمحلول في البداية ، أو تعويض الفقد بالماء المقطر عندما ينقص مستواه .

3 - **الصفائح :-**

وهي عبارة عن ألواح على شكل شبكة تحتوي على فراغات تملئ بالمادة الفعالة (أول أكسيد الرصاص أو الرصاص) حسب نوع الصفائح ، و تقسم الصفائح إلى نوعين:

أ - الصفائح الموجبة :- تملئ فراغات الألواح الموجبة بمادة أول أكسيد الرصاص وتتميز بلونها البني الغامق .

ب -الصفائح السالبة :- تملئ فراغات الألواح السالبة بمادة الرصاص ، وتتميز بلونها الرمادي ، ويزيد عدد الألواح السالبة عن الألواح الموجبة بلوح واحد .

4- **الصفائح أو الألواح العزلة :-**

تصنع من مادة عازلة مثل البلاستيك أو المطاط أو الألياف الزجاجية ، وتعمل على الفصل بين الألواح الموجبة و الألواح السالبة ، ويكون أحد سطحي الالواح العازلة ناعم الملمس و يكون من جهة الصفائح السالبة أما السطح الآخر فيكون ذات أخاديد و يكون جهة الصفائح الموجبة و تكون الصفائح العازلة

مسامية و ذلك لتسمح بمرور المحلول من خلالها و انتقاله من الألواح الموجبة إلى الألواح السالبة . ويلاحظ تتابع الألواح السالبة و الموجبة في كل خلية من خلايا البطارية ، حيث تكون جميع الألواح الموجبة في الخلية موصلة بموصل (موجب) ، والألواح السالبة موصلة بموصل آخر سالب .

محلول البطارية

يحتوي محلول البطارية على 60% ماء و 40% حامض كبريتيك عندما تكون البطارية مشحونة ، و يكو ن الوزن النوعي للمحلول عندئذ 1.28 . عند توصيل طرفي البطارية بحمل كهربي يذهب حامض الكبريتيك تدريجيا إلى الألواح، وبالتالي ينخفض الوزن النوعي للمحلول ، و تضعف البطارية بمرور الوقت . و لذلك فهي تحتاج إلى شحن بصفة مستمرة ، ويتم ذلك بواسطة الدينامو ، حيث يعاد حامض الكبريتيك إلى محلول البطارية مرة أخرى . و يكون تيار الشحن معاكس لتيار البطارية ، أي عكس اتجاهه . ويجب أن يكون مستوى السائل دائما أعلى من الألواح الرصاصية بمقدار 1 الى 2 cm .

سعة البطارية Battery Capacity

سعة البطارية هي مقياس للطاقة الكهربية المختزنة بها عندما تكون مشحونة شحنا كاملا، و تقاس بالأمبير - ساعة . تتروح سعة البطارية في المعتاد بين 50 و 80 أمبير - ساعة ، وقد تزيد أو تقل عن ذلك في بعض أنواع السيارات . ويقال أن سعة البطارية 60 أمبير - ساعة إذا كانت قادرة على إمداد تيار قيمته 60 أمبير لمدة ساعة ، أو 30 أمبير لمدة ساعتين ، أو 15 أمبير لمدة أربع ساعات ،...و هكذا ، دون أن يهبط الفولت بين طرفيها إلى حد معين . و تعتمد سعة البطارية على هذه العوامل :

1- عدد الألواح في الخلية
2- مساحة اللوح
3 -كمية محلول البطارية و نسبة حامض الكبريتيك به

النشاط الكيماوى بالبطارية:

عندما يوضع حامض الكبريتيك بين الألواح يحدث تفاعل كيماوى فتنقل بعض الالكترونات من أحدى مجموعتى الألواح الى الأخرى فيحدث فرق جهد مقداره 2 فولت، وعندما توصل الدائرة من الخارج يحدث مرور تيار ويحدث انتقال عكسى للالكترونات فيحدث التفاعل مرة أخرى، وبعد مدة من التشغيل يتحول السائل الى ماء فيقف نشاط المادة وتسمى البطارية فارغة .

معايرة البطارية:

يمكن معايرة البطارية بطرق مختلفة أهمها الأتى:

1- معدل التيار فى عشرين ساعة:

وهو معدل التيار الكهربى الممكن الحصول عليه من البطارية لمدة عشرين ساعة بحيث لا يقل فولت الخلية عن 1.75 فولت ، ولابد من الحصول على 5 أمبير لمدة 20 ساعه ليقال أن طاقة البطارية 100 أمبير ساعة.

2- معايرة الخمسة وعشرين أمبير:

وهو حساب الزمن الذى يمكن سحب تيار ثابت مقداره 25 أمبير، ولا يقل جهد الخليه عن 1.75 فولت، وهذا الرقم يمثل قدرة البطارية على أخذ الحمل الكهربائى الكامل (الإضاءة و الأشتعال... ألخ) .

3- المعدل البارد:

تبين هذه المعايرة الزمن بالدقائق الذى يمكن خلاله للبطارية أن تعطى 3000 أمبير عند درجة حرارة F 10، قبل أن ينخفض الجهد للخلية عن 1 فولت حتى يمكن التحقق من أن البطارية قادرة على إدارة محرك بدء الحركة، وفى العادة يكون المعدل البارد للبطارية 100 أمبير.ساعة هو سحب 3000 أمبير لمدة 3.6 دقيقه عند درجة حرارة F 10.

المولد الكهربي (الدينامو) Alternator or Generator

الدينامو هو المسئول عن تحويل جزء من الطاقة الميكانيكية للمحرك إلى طاقة كهربائية ، ويعوض البطارية عن التيار الذى أستهلك فى بدء أدارة المحرك، بالأضافة الى توليد تيار كهربى لتشغيل الأجهزة الكهربية المختلفة كمجموعة الإشعال والإضاءة والراديو... ألخ. ويركب المولد الكهربى فى العادة الى جانب جسم المحرك ويدار المولد بواسطة سير المروحة. وهو يولد جهد عالى عند سرعة مرتفعة أو حمل خفيف وجهد ضعيف عند سرعة بطيئة أو حمل ثقيل.

و يوجد نوعان من المولدات:

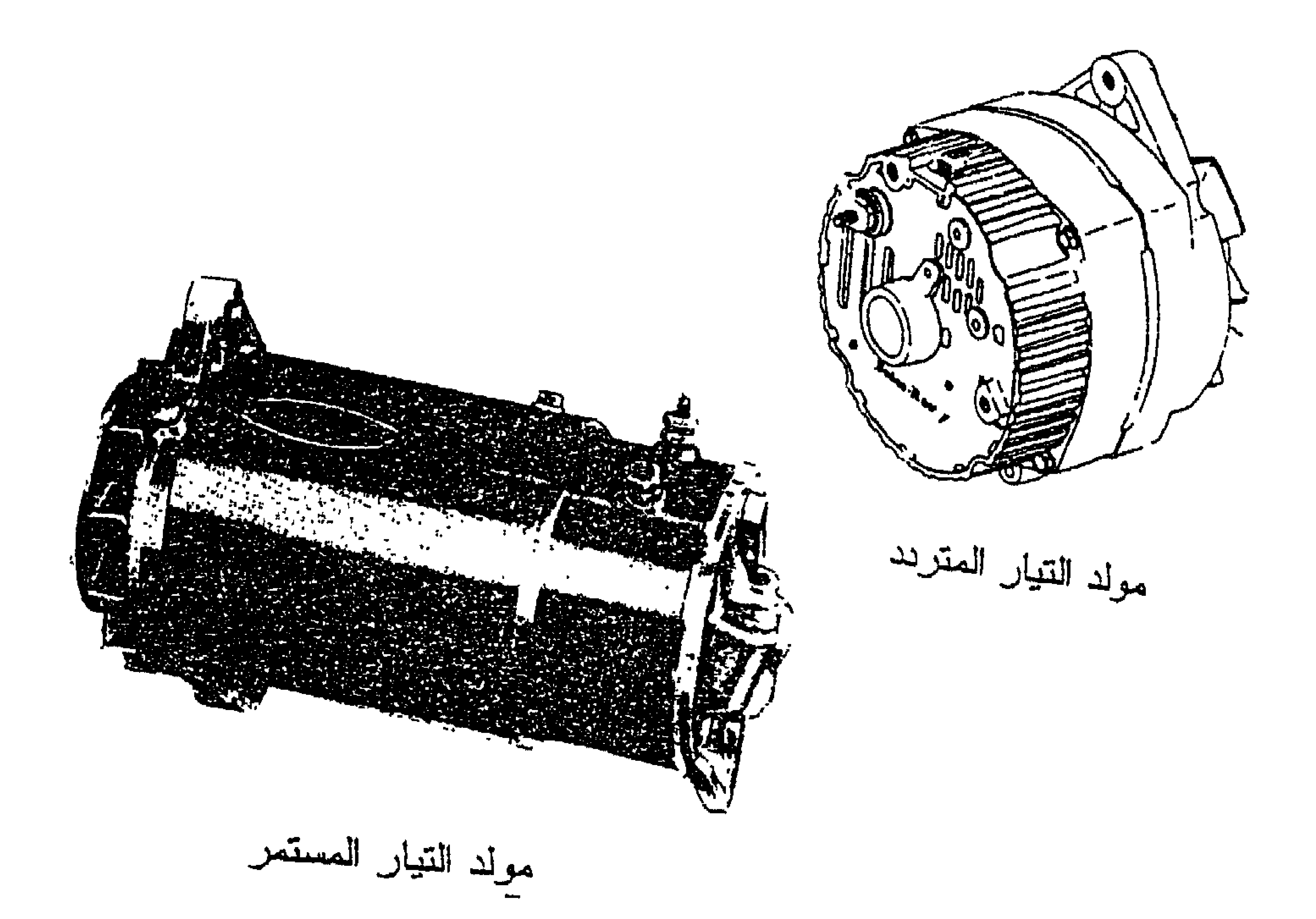
1- مولد التيار المستمر DC Generator

قديماً يستخدم كان مولد التيار المستمر DC Generator ، و يقوم بتوليد تيار مستمر Direct current - DC يمكن استخدامه مباشرة في الدوائر الكهربائية .

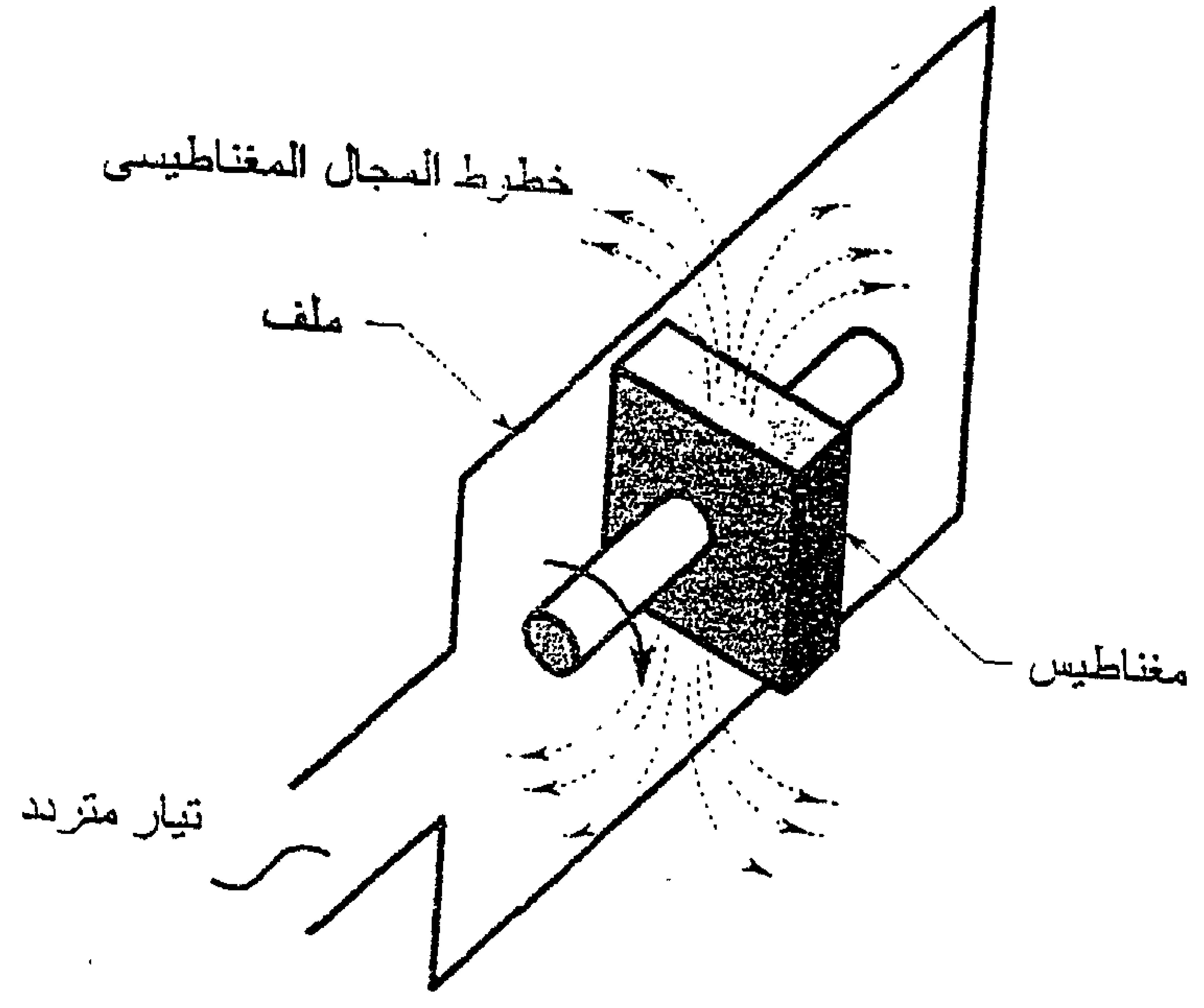
2- مولد التيار المتردد Alternator

يستخدم مولد التيار المتردد Alternator في معظم السيارات الحديثة ، ويولد تيار متردد Alternating current , AC . و هو أقصر طولا من النوع السابق وأخف منه وزنا و ابسط منه في التصميم ، ولا يحتاج إلى مجهود كبير في الصيانة حيث أن عدد الأجزاء به أقل .

تعتمد نظرية عمل دينامو التيار المتردد Alternator على دوران جسم ممغنط داخل ملف ثابت كما هو موضح في شكل (7-2) حيث تقطع خطوط المجال المغناطيسي المتحركة (المنبعثة من الجسم المغنط) أسلاك الملف الثابتة فيتولد بها التيار في الاتجاهين حسب وضع الخطوط بالنسبة للأسلاك . أي أن التيار الكهربي المتولد يكون تيار متردد Alternating current .



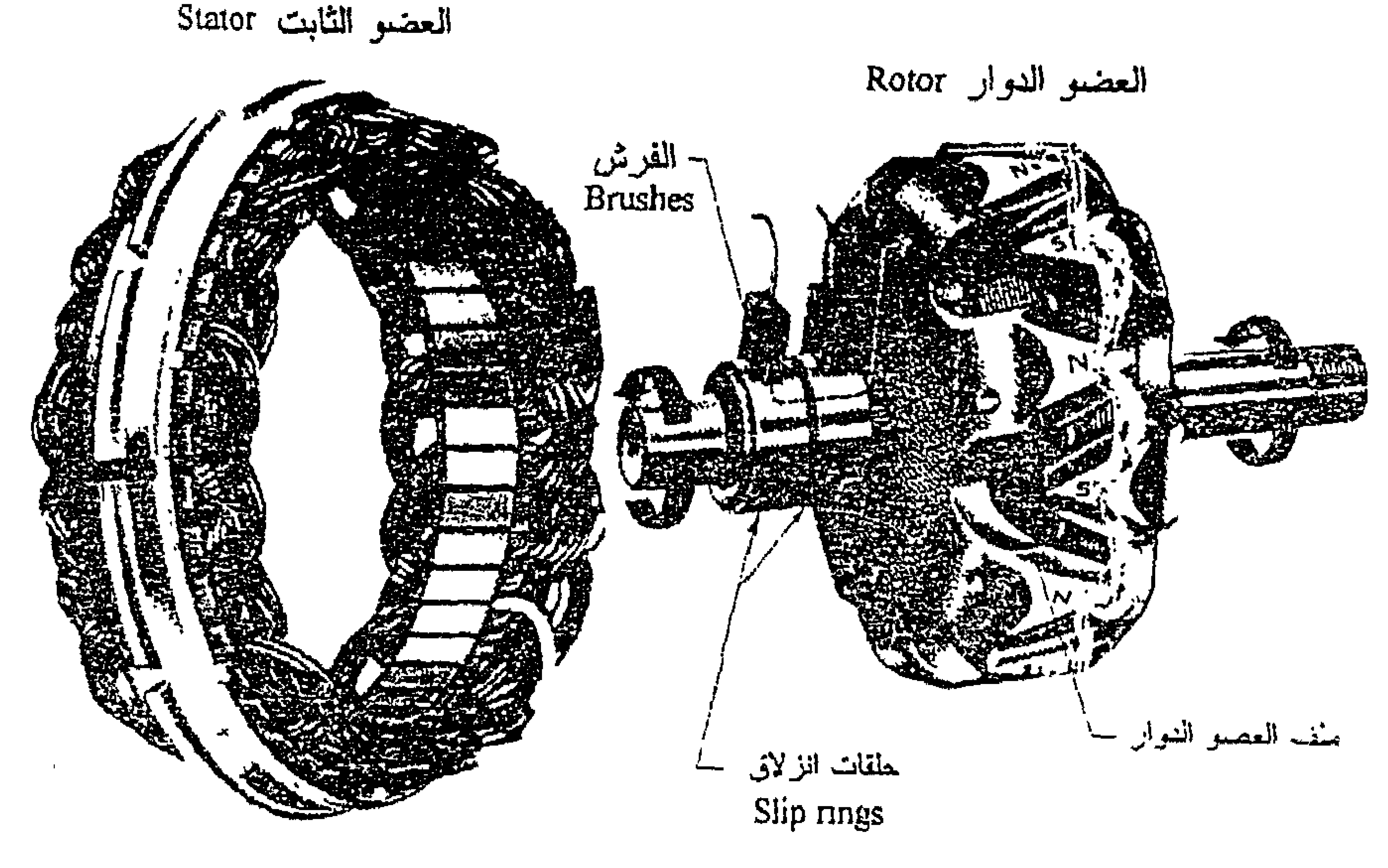
شكل (7-2): المولد (الدينامو)



شكل (7-3): نظرية عمل المولد الكهربي

و تتناسب شدة تيار المولد مع شدة المجال المغناطيسي و سرعة دوران الجسم المغنط و كذلك عدد لفات الملف الثابت . في الدينامو لا يمكن استخدام جسم ممغنط دائم ، فمن الممكن أن يفقد مغناطيسيته مع الوقت . البديل للجسم المغنط هو المغناطيس الكهربي .

يتكون دينامو من عضو دوار Rotor يعمل كمغناطيس عند تشغيل الدينامو، وهو عبارة عن ملف (يتم تغذيته بالتيار من خلال حلقتي انزلاق) يحيط به من الخارج قطعتين متقابلتين و متداخلتين من الحديد (شكل 7-4) عند مرور التيار الكهربائي في الملف (و يسمى ملف المجال) يتحولا إلى قطبي مغناطيس شمالي N وجنوبي S . يأخذ العضو الدوار حركته من سير المروحة و يدور داخل العضو الثابت Stator الذي يتكون من مجموعة ملفات يتم بها توليد التيار المتردد. ويبين شكل(7-4) كل من العضو الثابت و الدوار للدينامو الذي يحتوي في المعتاد على مروحة لتبريده و حمايته من ارتفاع درجة الحرارة . من أهم مميزات دينامو التيار المتردد أن توليد التيار به يتم في ملفات ثابتة، بينما يحدث ذلك في ملفات العضو الدوار بدينامو التيار المستمر مما يسبب مشكلة تقنية .



شكل (7-4): العضو الدوار و العضو الثابت للدينامو

والتيار المتردد Alternating current لا يستخدم في الدوائر الكهربائية ، أو شحن البطاريـة . و لـذلك يـتم توحيـده ، أي تحويلـه إلى تيـار مـستمر Direct current بواسطة دائرة توحيد ،و هي موجودة داخل الدينامو نفسه .

منظم الفولت Voltage regulator

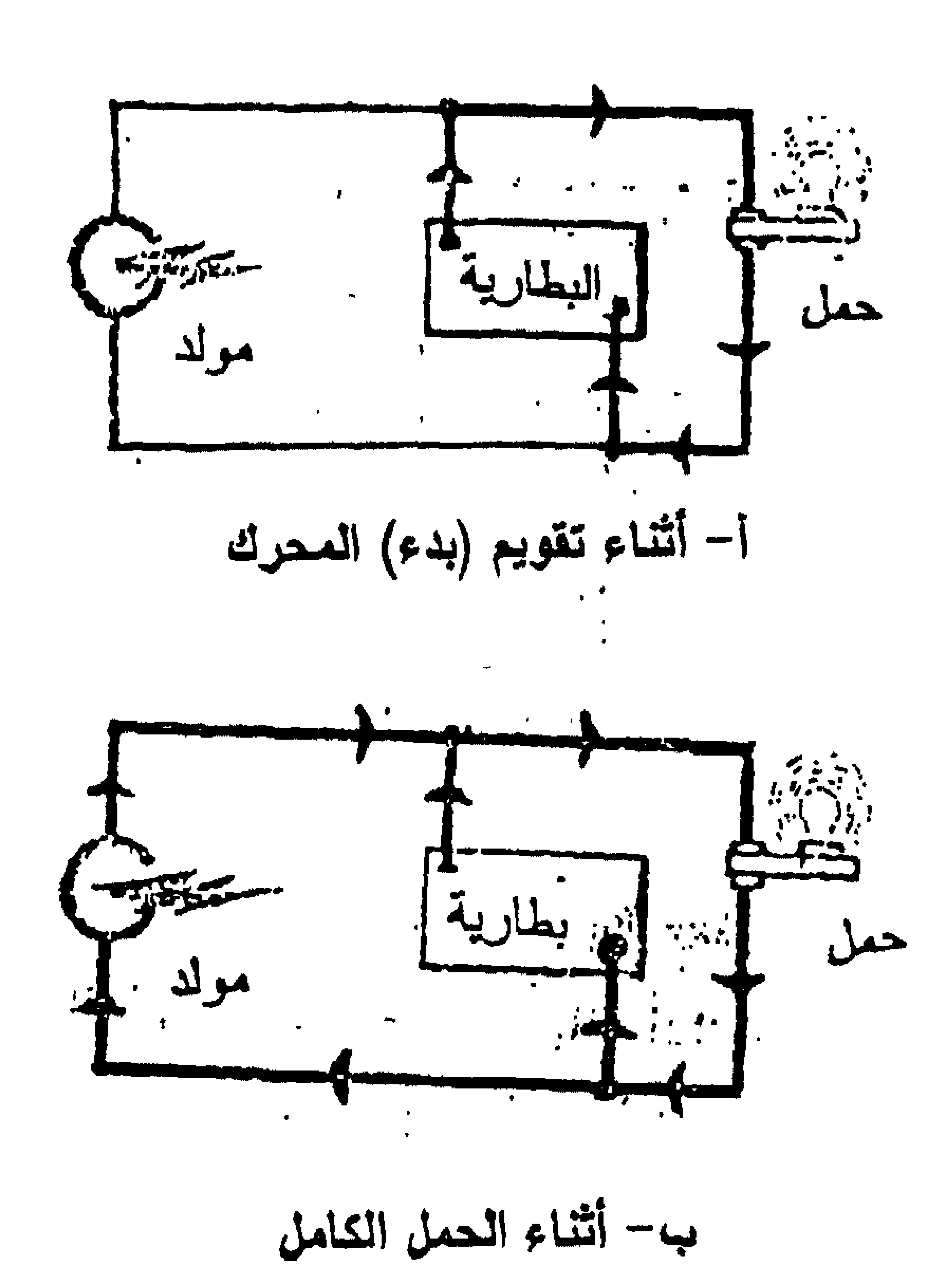
منظم الفولت Voltage regulator هو الذي يتحكم في جهد التيار الـذي يولده الدينامو لحماية البطارية من الانهيار بسبب زيادة الشحن Overcharging، وكذلك حمايـة الأجهـزة الكهربية و لمبـات الإنـارة مـن زيـادة الفولـت تـؤدي أيضـا إلى تقصير عمر الدينامو .

قـديماً كـان مـنظم الفولـت منفصـلا و يعمـل بطريقـة الكتروميكانيكيـة ، حيث يوجد به ملف كهربائي يجذب شريحة معدنية عندما يزداد الفولـت عـن حـد معين . و يترتب على حركة الشريحة هذه فصل تيـار الـدينامو cut out (كتـاوت) وإخراجه من دائرة الشحن .

حالياً يعتبر منظم الفولت Voltage regulator جزءا من الدينامو نفسه (أي يعتبر أحد مكوناته) ، فهـو صـغير الحجـم و لا يحتـوي علـى أي أجـزاء متحركـة وهـو يقوم بنفس المهمة وهي فصل التيار عن ملف العضـو الـدوار، و بـذلك لا يكـون هنـاك مجال مغناطيسي لتشغيل الدينامو في حالة زيادة الفولت عن حد معين.

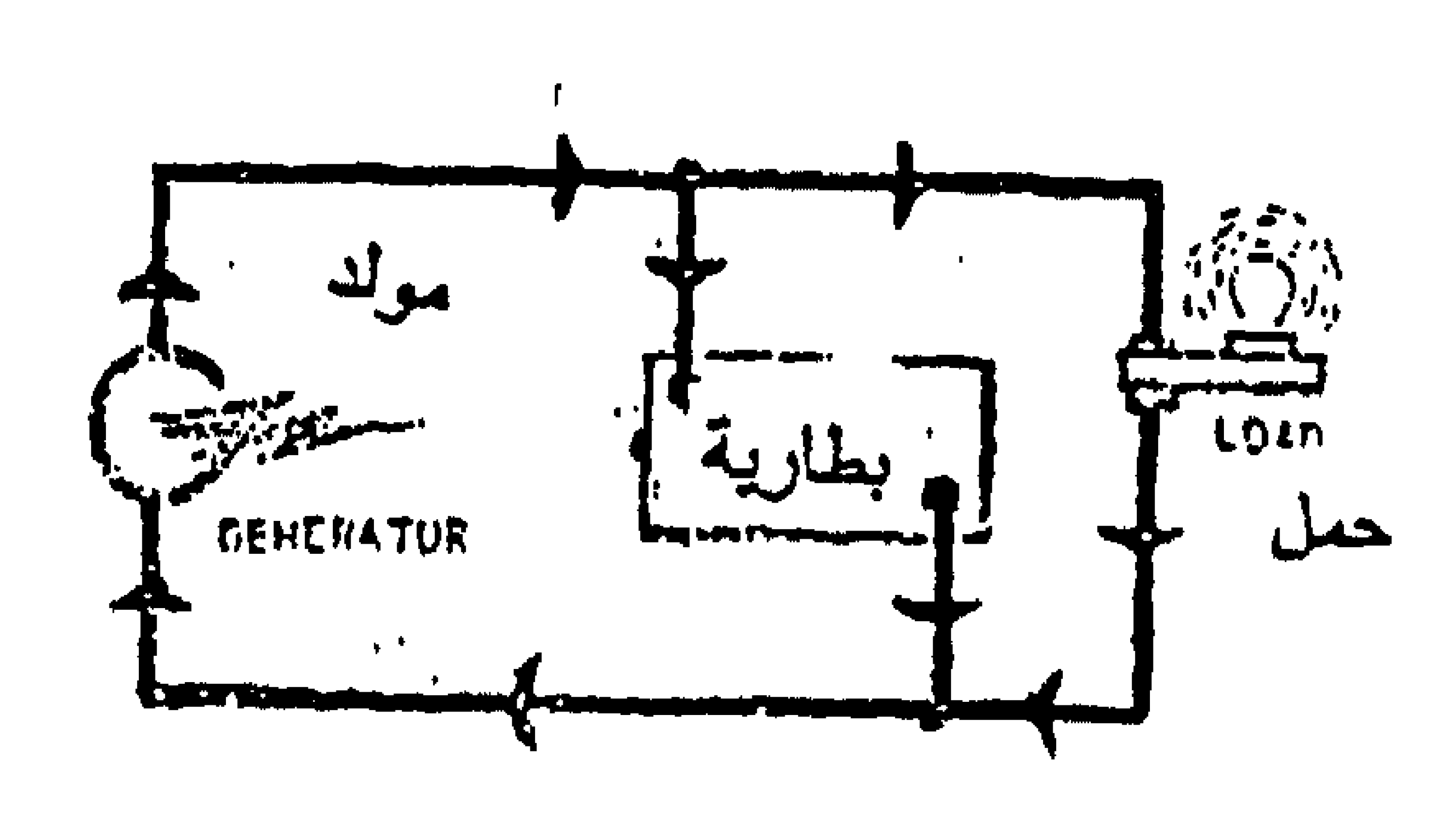
وتوجـد ثـلاث حـالات دائـرة الشـحن Charging Circuit كمـا يوضـح شـكل(7- 5). الحالـة الأولى عنـد بـدء تشـغيل المحـرك فتعطـى البطاريـة التيـار الكهربـائى للمحـرك وتعـرف بـدائرة التفريـغ حيـث يـتم اسـتهلاك الكهربـاء مـن البطارية في إدارة المحرك أو الإضاءة حيـث يـتم انتقـال الكهربـاء مـن القطـب الموجـب للبطاريـة خـلال الكـابلات إلى المـارش في حالـة إدارة المحـرك أو إلى المصـابيح في حالـة

الإضاءة ثم تعود الشحنة الكهربية إلى القطب السالب خلال الكابلات وبذلك تكتمل الدائرة الكهربائية في البطارية.



أ- أثناء تقويم (بدء) المحرك

ب- أثناء الحمل الكامل



جـ -أثناء التشغيل العادى

شكل(7- 5): حالات دائرة الشحن Charging Circuit

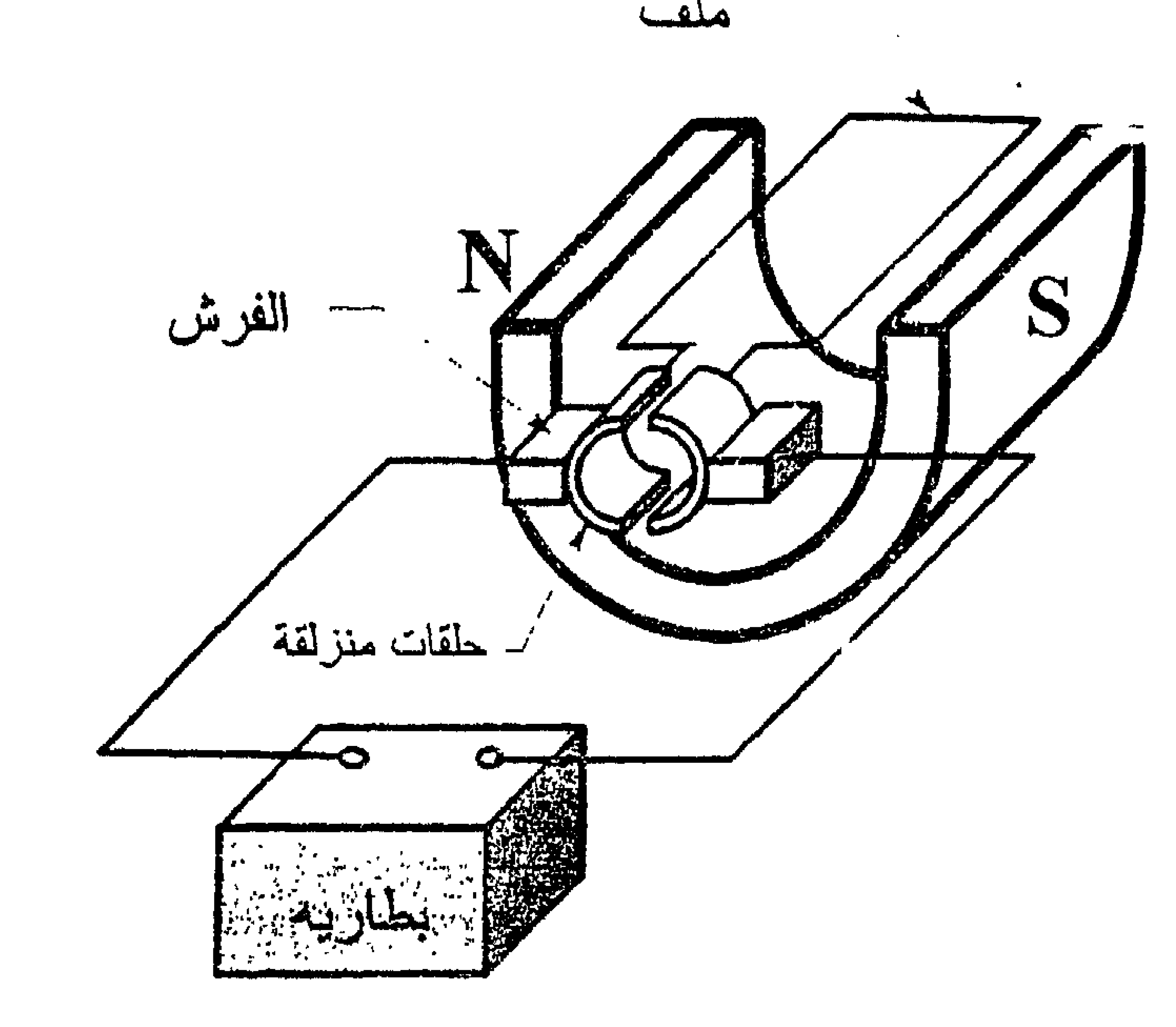
من ذلك يتضح أن الكهرباء تخرج من القطب الموجب في حالة الاستهلاك.

إما الحالة الثانية فتحدث أثناء التشغيل العادي للمحرك فيعطى الدينامو التيار الكهربائي للمحرك ويتم في نفس الوقت شحن البطارية وتعرف بدائرة الشحن وفيها يتم انتقال الكهرباء المتولدة من المولد خلال الكابلات إلى القطب الموجب للبطارية ويتم التفاعل الكيميائي بين القطب الموجب والسائل في البطارية وتنتقل الكهرباء إلى القطب السالب للبطارية . من ذلك يتضح أن الكهرباء تدخل إلى البطارية عن طريق القطب الموجب في حالة الشحن. وفى الحالة الثالثة فتحدث عندما يكون الكهرباء المولد من الدينامو غير كافية للمتطلبات التشغيل (حمل كامل) فيتم سحب طاقة كهربائية أضافية من البطارية .

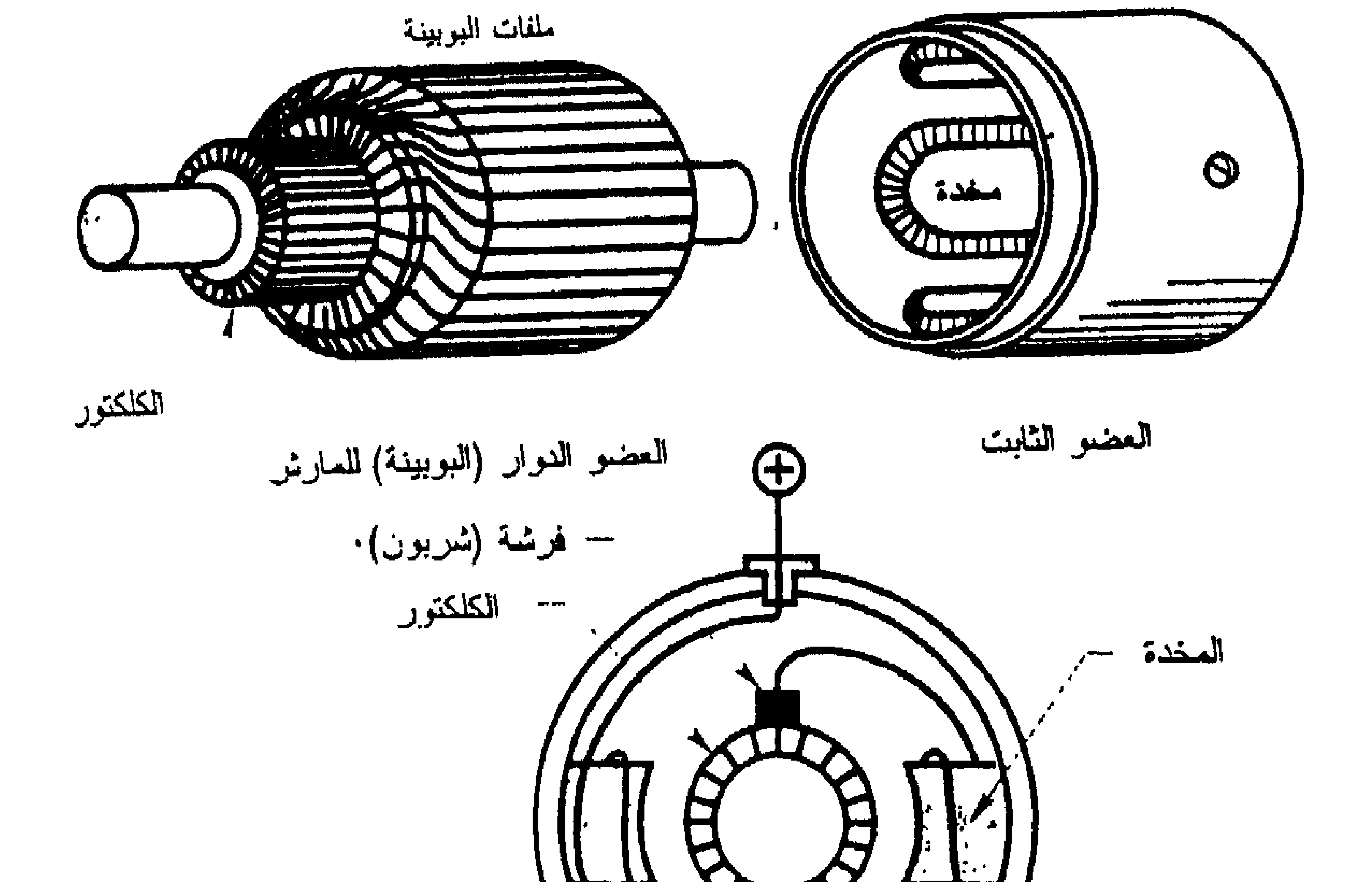
٢-دائرة بدء الحركة Starting system

يعتمد بادئ الحركة (المارش) starter في نظرية عملة على القوى المغناطيسية المولدة نتيجة مرور تيار كهربي في ملف بين قطبي مغناطيس كما هو موضح في شكل (7-6) عند مرور التيار في هذا الملف ، فان احد جانبيه يتعرض لقوة في اتجاه معين ، بينما يتعرض الجانب الآخر لقوة في الاتجاه العكسي . تصنع هاتين القوتين عزم دوران Torque يؤدي إلى دوران الملف حول محوره . يمكن توصيل التيار إلى الملف أثناء دورانه باستخدام حلقات منزلقة تدور مع الملف ، و فرش ثابتة تلامسها. و المارش يحتوي على عدد كبير من هذه الملفات لزيادة عزم الدوران .

بتعدد الملفات في المارش يتم توصيل طرفي أي منها بشرائح متقابلة، وهو عبارة عن اسطوانة يتكون جوانبها من شرائح نحاسية معزولة عن بعضها البعض . كما توجد فرش Brushes ثابتة و متقابلة من الكربون (شربون) تلامس الشرائح النحاسية أثناء دورانه لتمرير التيار الكهربي خلاله إلى الملفات كما هو موضح في شكل (7-7).



شكل (7-6): نظرية عمل المارش



شكل (7-7): للعضوين الثابت و الدوار للمارش ، و الدائرة الكهربائية له

المـارش Starter يتكـون مـن جـزأين رئيسـيين ، أحـدها يحتـوي علـى هـذه الملفات ويسمى العضو الدوار Armature و يمثل القلب الداخلي للمارش. أما الآخـر فهـو المسئول عـن توليـد المجـال المغناطيسي ، ويسـمى العضـو الثابـت Stator ، وهـو عبارة عن اسـطوانة تحتـوي مـن الـداخل على ملفـات المجـال (المخـدات) الـتي تقـوم بتوليد المجال المغناطيسي كما هو موضح في شكل (7-7) الذي يـبين منظـور للعضـو الثابت Stator و العضو الدوار Armature للمارش. يلاحظ عدم وجود مغناطيس دائم في العضو الثابت ، بل توجد مخدات عبـارة عـن ملفـات ذات قلـب حديـدي تقـوم بتوليد مجال مغناطيسي ثابت و قوي بجرد مرور التيار الكهربائي بها.

ويوضـح شـكل (7-7) أيضـا الـدائرة الكهربائيـة داخـل المـارش نفسـه ، حيـث يلاحظ أن التيار يدخل من الطرف الموجب للبطارية أولا إلى ملفات المجال (المخدات) field windings لتوليـد المجـال المغناطيسي الثابـت ، ثـم يمـر بعـد ذلـك في ملفـات العضو الدوار عن طريق الفرش Brushes و الشرائح، ثم إلى الأرضـي . أي أن إحـدى الفـرش تسـتقبل التيـار القـادم مـن ملفـات المجـال (المخـدات) ، و الأخـرى متصـلة بالأرضي. ويوجد ياى صغيرة خلف كل فرشة ، لضمان تلامسها بصفة مستمرة مع الشرائح.

إلى جانب العضوين الثابت و الدوار ، توجد في المارش بعـض الأجـزاء الأخـرى مثل جلب عمـود العضـو الـدوار وتـرس البنـدكس Driving gear الـذي يعشـق مـع تـرس الحدافة Ring gear . ترس البنـدكس ينزلـق علـى عمـود المـارش ، و يحتـوي على 12 سنة ، بينما يحتوي ترس الحدافة على 180 سنة تقريبا . أي أن عدد أسنان تـرس الفولان تساوي 15 ضعف أسنان تـرس البنـدكس ، ولـذلك تـنقص سـرعته 15 مرة عن سرعة ترس البندكس . وعند توصيل التيار الكهربائي بالمارش ، فان عمـود المارش (وبالتـالي تـرس البنـدكس) تـدور بسـرعة 3000 لفـة في الدقيقـة . و لـذلك يـدور تـرس الحدافـة عنـدما يعشـق مـع تـرس البنـدكس بسـرعة تسـاوي 200 لفة/دقيقة

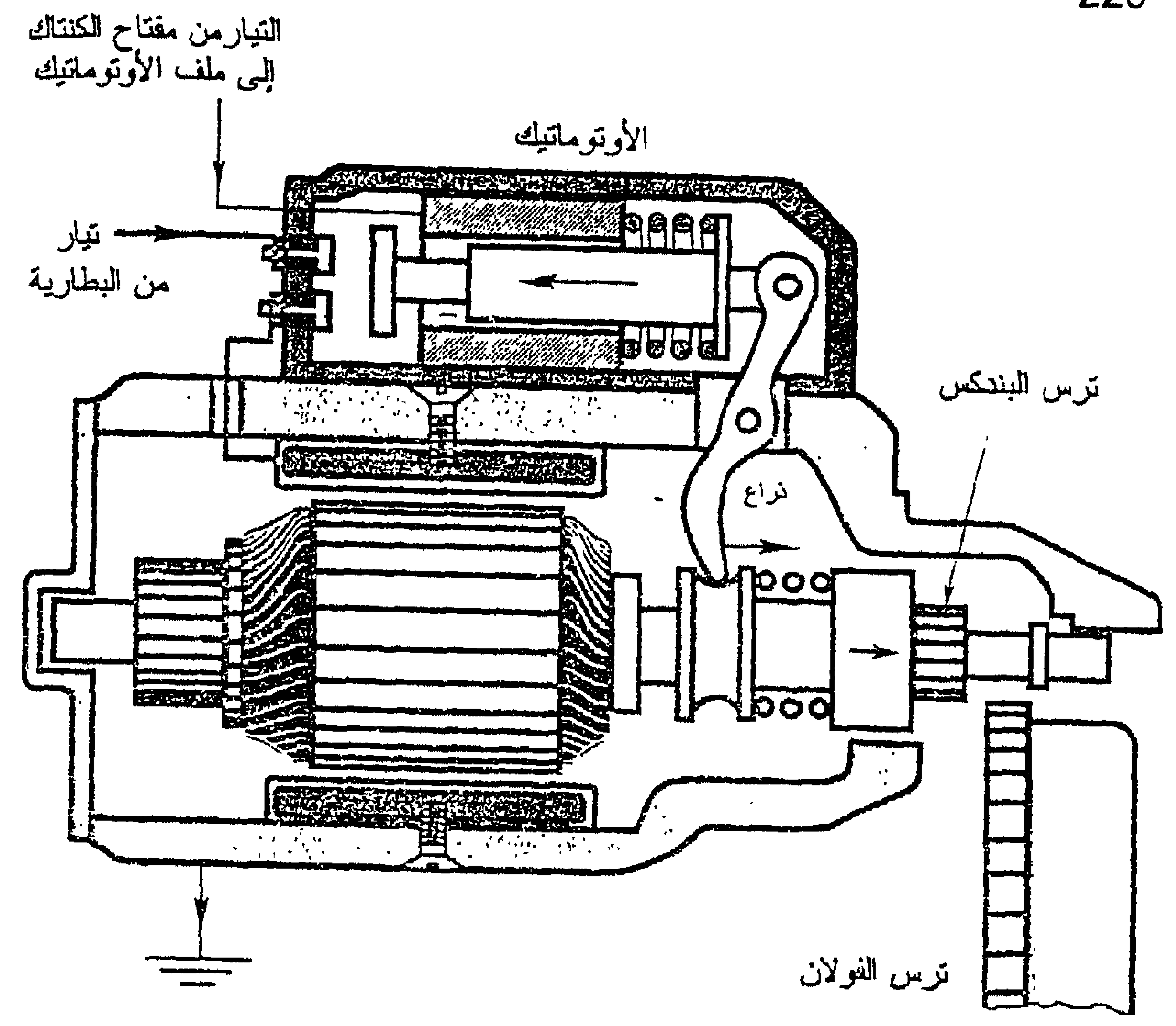
$$Speed = \frac{3000}{15} = 200 rpm$$

وهذه السرعة كافية لإدارة المحرك ، معنى ذلك أن ترس البندكس و العضو الدوار (البوبينة) سوف تكون سرعتهما 45000 لفة في الدقيقة (15×3000) اذا ظل ترس البندكس معشقا بترس الحدافة هذه السرعة الكبيرة قد تؤدي إلى احتراق و انهيار كراسي المارش. و لذلك يجب فصل الترسين بعد دوران المحرك مباشرة، ويتم ذلك بواسطة أتوماتيك المارش.

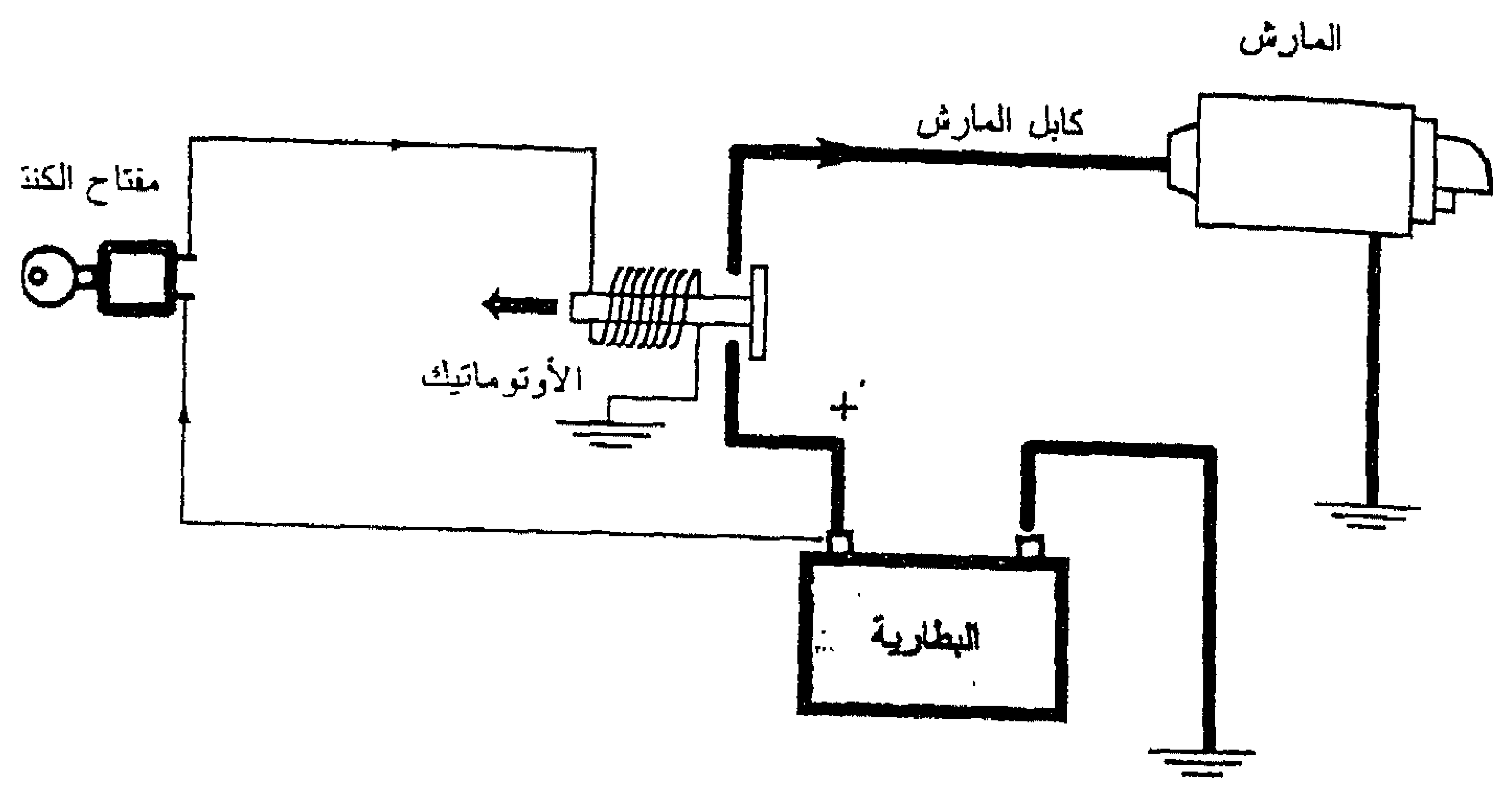
أتوماتيك المارش Solenoid

يحتوي اتوماتيك المارش على ملف ذو قلب حديدي ، في نهايته قطعة مستوية من النحاس كما هو موضح بشكل (7-8) . عند إدارة مفتاح التشغيل على الوضع(START) ، يتم توصيل التيار الكهربائي إلى هذا الملف ، فينجذب القلب الحديدي بشدة و يقفل دائرة التيار الرئيسي القادم من البطارية للمارش بواسطة قطعة النحاس (كما هو موضح بالشكل) ، فيبدأ دوران بوبينة المارش و ترس البندكس. يلاحظ أن حكة القلب الحديدي للأتوماتيك تتسبب في حكة مجموعة ترس البندكس في الاتجاه العكسي (بواسطة ذراع كما يبين الشكل) لكي يعشق مع ترس الحدافة .

عندما يشعر السائق ببدء دوران المحرك ، فانه يترك مفتاح الإشعال ليعود بواسطة ياى إلى الوضع (ON) ، فيتوقف التيار عن ملف الاتوماتيك ، ويعود ترس البندكس إلى وضعه الطبيعي بعد تأدية مهمته في إدارة المحرك . أي أن حركة القلب الحديدي للاتوماتيك تتسبب في تعشيق ترس البندكس مع ترس الفولان ، وتوصيل التيار الكهربائي مباشرة من البطارية إلى المارش . يعمل الياي الموجود في أتوماتيك المارش على إعادة مجموعة ترس البندكس إلى وضعها الطبيعي بعد إدارة المحرك مباشرة. وهناك فائدة أخرى لأتوماتيك المارش و هي وجود دائرتين منفصلتين أحداهما تحتوي على مفتاح التشغيل ووظيفتها فقط توصيل تيار صغير نسبيا إلى ملف الأتوماتيك عند بدء إدارة المحرك كما هو موضح في شكل (7-9) .

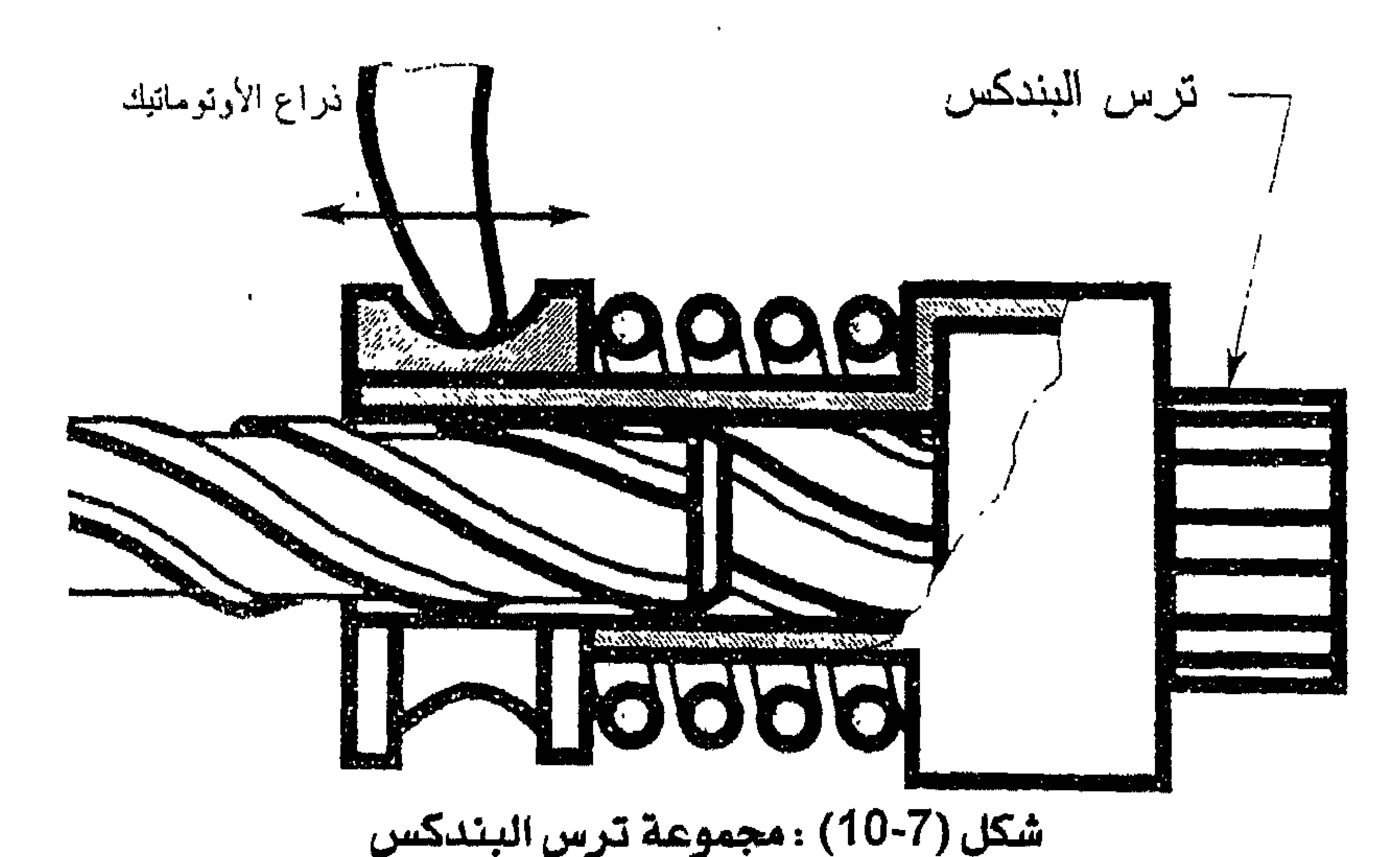


شكل (7-8) : المارش والأوتوماتيك



شكل (7-9) : دائرة بدء الحركة

أما الدائرة الأخرى فهي توصل التيار الرئيسي إلى المارش ، وهو كبير جدا ، مباشرة مع البطارية بواسطة كابل المارش . يتضح مما سبق أن أوتوماتيك المارش له ثلاثة أطراف، مثبت بأحدها سلك رفيع نسبياً يوصل التيار إلى ملف الأوتوماتيك عن طريق مفتاح التشغيل . أمّا الطرفان الآخران فأحدهما موصل مباشرة بموجب البطارية بواسطة كابل سميك ، أما الثاني فهو يوصل التيار الرئيسي للمارش خلال كابل سميك أيضاً عبر قطعة النحاس إلى ملفات المجال كما هو موضح بالشكل . يأخذ ترس البندكس حركته الدورانية من بوبينة المارش عن طريق دبرياج السرعة الفائقة Overrunning clutch ويطلق عليه الفنيون مجموعة ترس البندكس تعمل مجموعة ترس البندكس على حماية المارش ،حيث أنها تسمح بنقل الحركة الدورانية عند بدء التشغيل في اتجاه واحد فقط من بوبينة المارش إلى ترس الحدافة. فإذا تم تشغيل المحرك ، فإن هذه المجموعة تقوم بفصل تعشيق ترس البندكس لمنع انتقال حركة عمود الكرنك وترس الفولان إلى بوبينة المارش . يبين شكل (7- 10) رسماً تخطيطاً لمجموعة ترس البندكس . يلاحظ وجود أخاديد حلزونية تتحرك عليها مجموعة ترس البندكس بواسطة بروزات حلزونية مماثلة على عمود بوبينة المارش . يهدف هذا التصميم إلى إجبار المجموعة على الدوران في اتجاه واحد فقط ، وهو نقل الحركة من المارش إلى ترس البندكس .



شكل (7-10) : مجموعة ترس البندكس

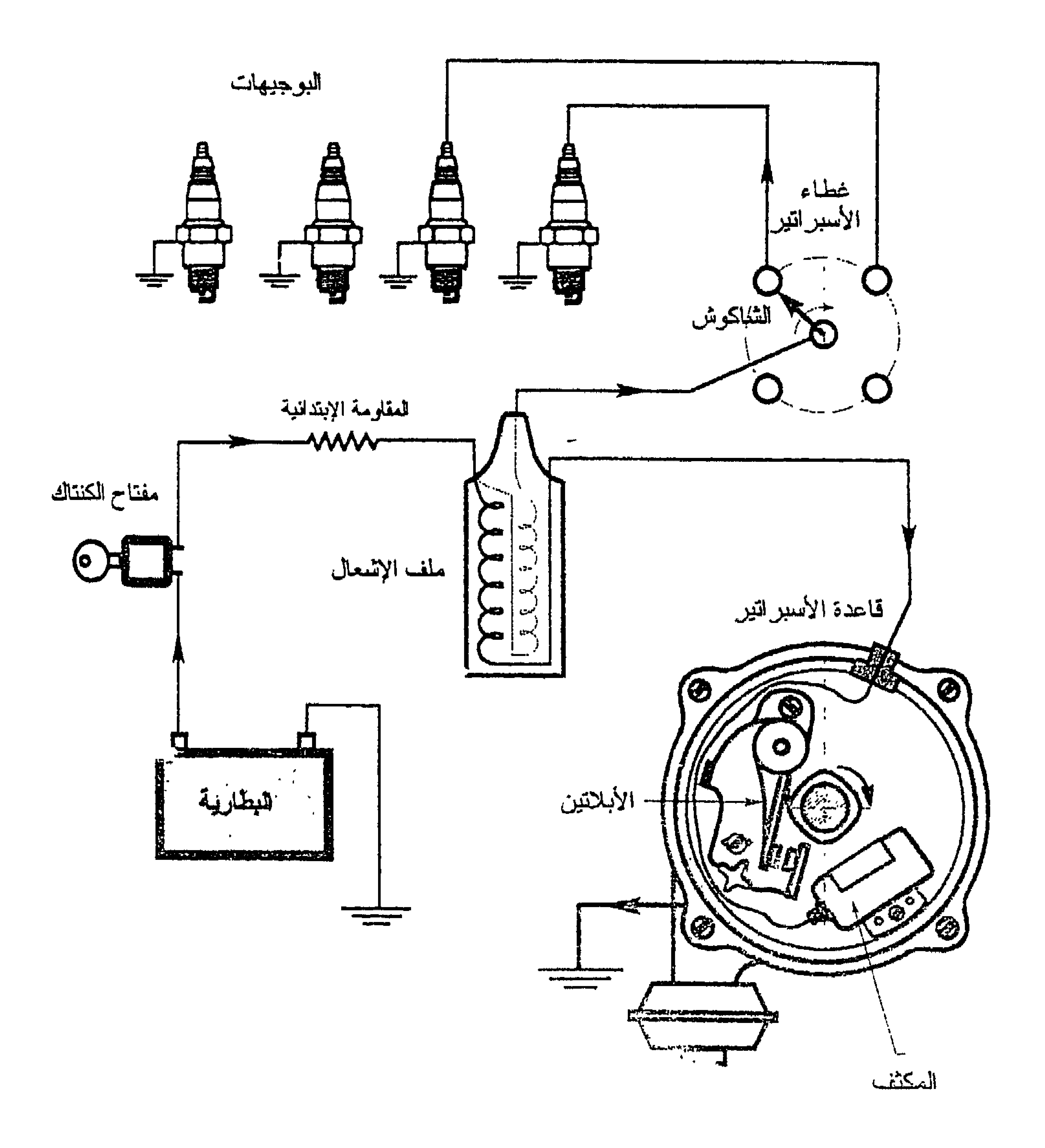
٣- دائرة أحداث الشرارة الكهربائية:

وتستخدم طريقة الإشعال الكهربائى فى محركات الغاز ومحركات الزيت الخفيف (البنزين والكيروسين).وفيها يعتمد على شرارة كهربائية لأشغال الشحنة فى مشوار التشغيل. وتحدث الشرارة بين قطبى شمعه كهربائية يمتد طرفها داخل غرفة الاحتراق (بحيز الخلوص) ويمر بها تيار كهربائى ليعبر الثغرة التى بين قطبى الشمعة لتتم الدائرة فتحدث الشرارة وتشتعل الشحنة المضغوطة. ويكون مصدر التيار الكهربائى المستعمل لحدوث الشرارة من بطاريات أو مولدات نظام الإشعال بالشرارة الكهربائية (Spark ignition System) ودائرة الإشعال هو المسئول عن توزيع شرارة كهربائية بالقوة اللازمة و التوقيت المناسب على الاسطوانات بترتيب محدد ، لحصول على أقصى قدرة و كفاءة للمحرك . و أي خلل به يؤدي بطريقة مباشرة إلى عجز المحرك عن العمل أو انخفاض الأداء و الكفاءة الحرارية له ، وبالتتالي زيادة استهلاك الوقود، كما أن أعطال نظام الإشعال تؤدي أيضا بطريقة مباشرة إلى زيادة تلوث الجو و وجد نظامين للإشعال ، أحدهما هو النظام العادي يسمى نظام الإشعال بنقاط التلامس (الابلاتين) contact point ignition system، و يعمل في السيارات القديمة و بعض السيارات الحديثة . أما الآخر فهو نظام الإشعال الالكتروني Electronic ignition system و تزود به معظم السيارات الحديثة .

مكونات نظام الإشعال العادي ووظائفها:

يتكون هذا النظام كما هو موضح بشكل (7-11) من هذه المكونات :

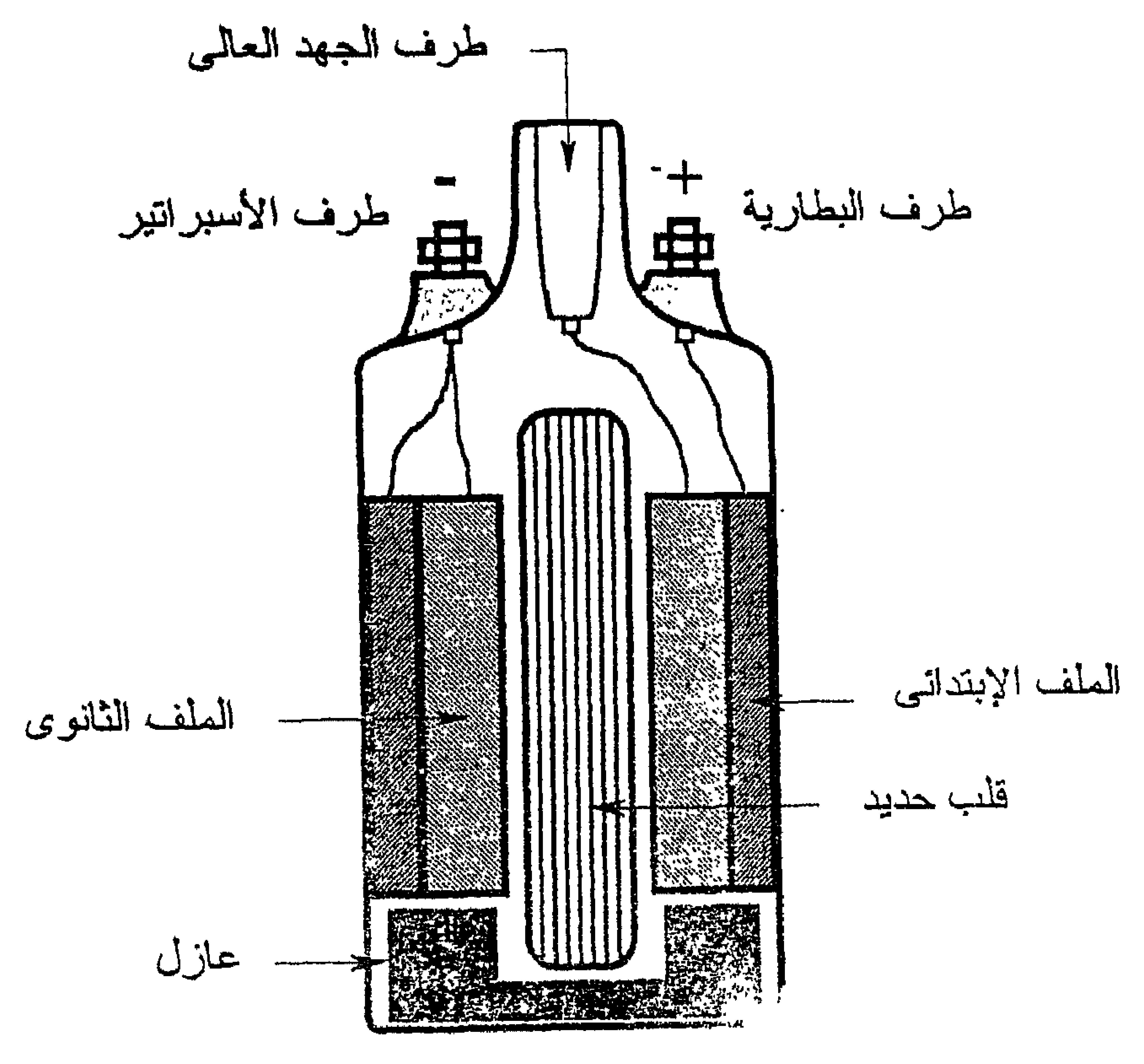
- ★ البطارية Battery .
- ★ مفتاح الإشعال Ignition switch .
- ★ ملف الإشعال (البوبينة) Ignition coil .
- ★ موزع الشرارة (الاسبراتير) Distributor
- ★ شماعات الشرارة (البوجيهات) Spark plugs و تسمى أيضا شماعات الإشعال .
- ★ كابلات توزيع الشرارة ، و الأسلاك الموصلة بين مكونات نظام الإشعال .



شكل (7- 11): نظام الإشعال بنقاط التلامس (الابلاتين)

ملف الإشعال Ignition Coil

وظيفة ملف الإشعال هي توليد الفولت العالي اللازم لتوليد الشرارة عند أطراف البوجيهات . و يتكون كما هو موضح في شكل (7-12) من ملفين منفصلين من أسلاك نحاس حول قلب واحد من الحديد Iron core **، أحدهما مكون من سلك غليظ نسبيا و عدد لفاته أقل و يسمى الملف الابتدائي** primary coil **، بينما الآخر و هو الملف الثانوي** secondary coil **مكون من سلك دقيق و عدد لفاته في المعتاد أكبر من عدد لفات الملف الابتدائي 100 مرة . يحيط هذه الملفات علبة معدنية لحمايتها ، و هي مملوءة بالزيت لعزل لفات السلك عن بعضها .يتصل الطرف الموجب بإحدى طرفي الملف الثانوي أما الطرف الآخر فيخرج من فوهة البوبينة . ويلاحظ أن علبة ملف الاشتعال محكمة تماما بحيث لا يمكن أن يدخلها الماء .**



شكل (7-12): ملف الإشعال

و حيث أن ملف الإشعال يعمل كمحول رفع للفولت ، فان :

الطاقة الداخلة اليه = الطاقة الخارجة منه

$$I_1.V_1 = I_2.V_2$$

I_1 و V_1 **التيار و الفولت في الملف الابتدائي على التوالي ،**

I_2 و V_2 **التيار و الفولت في الملف الثانوي على التوالي ،**

و حيث أن الفولت يتناسب مع عدد اللفات فان

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{I_1}{I_2} = 100$$

أي أن الفولت في الملف الثانوي يكون اكبر منه في الملف الابتدائي 100 مرة .

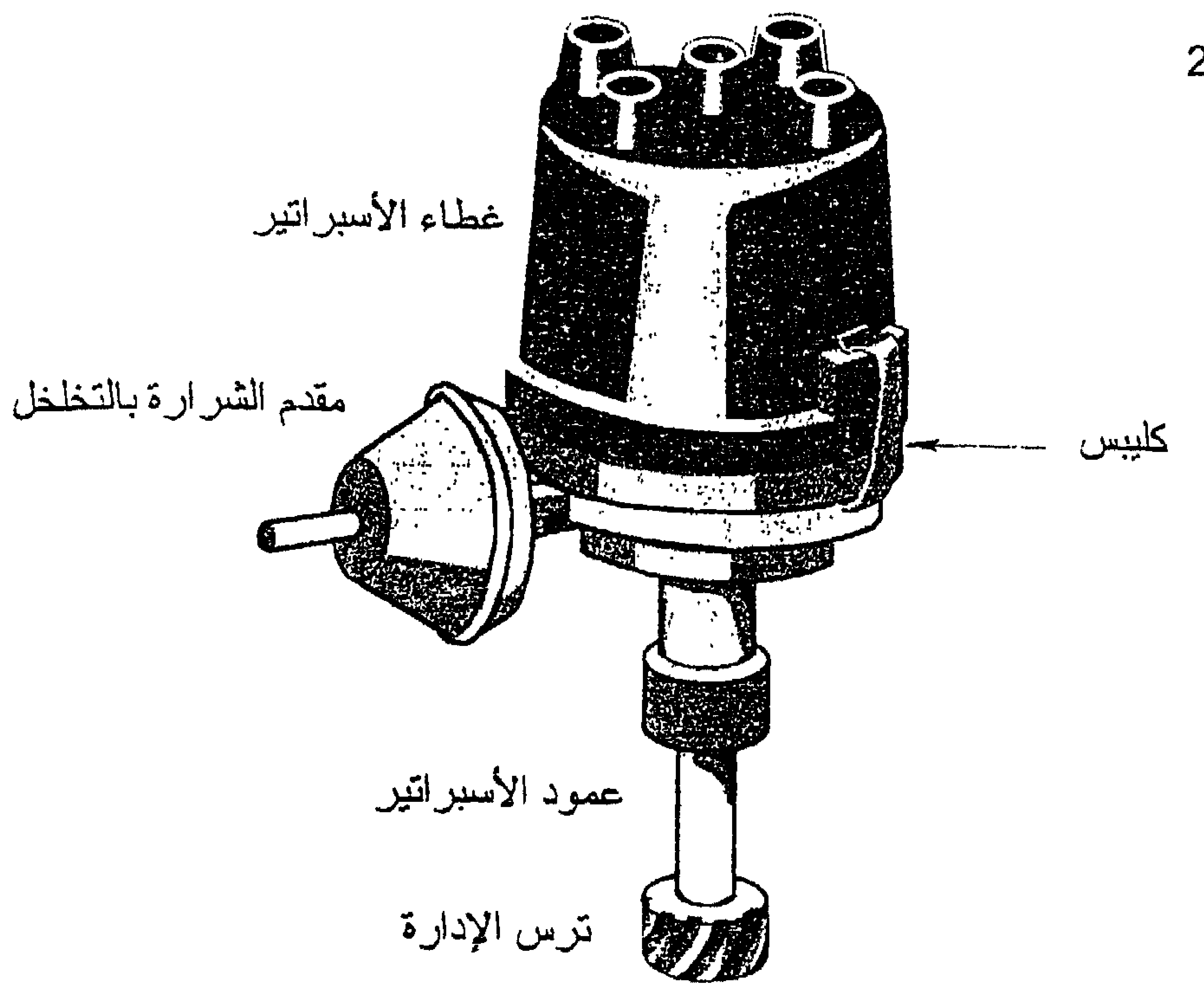
ويكون التيار في الملف الثانوي أقل من التيار في الملف الابتدائي 100 مرة تقريبا. ولهذا السبب يكون السلك في الملف الثانوي دقيق جدا ، و كذلك أيضا في كابلات الضغط العالي .

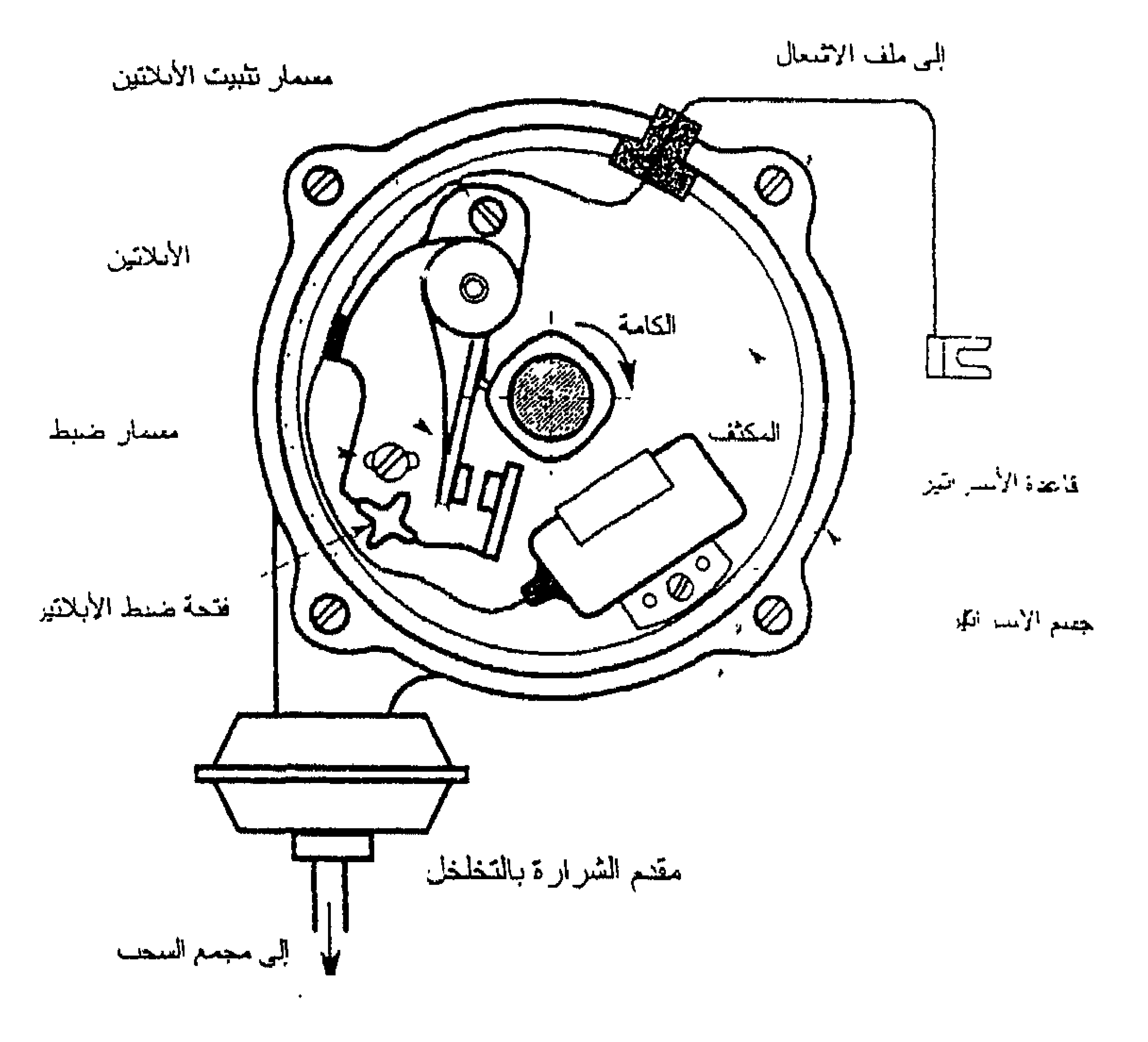
موزع الشرارة Distributor

موزع الشرارة (الاسبراتير) يقوم بوظائف متعددة في نظام الإشعال هي :

- إمداد الملف الابتدائي في ملف الاشتعال بالتيار المتقطع اللازم لتشغيله .
- توزيع نبضات الفولت العالي (الشرارة) على الاسطوانات بالترتيب المحدد.
- الضبط الابتدائي لتوقيت الشرارة .
- الضبط الاتوماتيكي للشرارة لملائمة ظروف التشغيل المختلفة .

و يوضح شكل (7-13) موزع الشرارة الخاص بالمحرك ذات الأربعة اسطوانات .يتكون موزع الشرارة بصفة عامة من هذه الأجزاء :





شكل (7-13) : موزع الشرارة الخاص بالمحرك ذات الأربعة اسطوانات .

- القاعدة Breaker plate :

وهي عبارة عن قرص معدني مثبت عليه الابلاتين Breaker points والمكثف Condenser ويمكن أن تتحرك هذه القاعدة حركة دورا نية محدودة بالنسبة لجسم موزع الشرارة .

- عمود الإدارة :

وهو يدور بنفس سرعة عمود الكامات حيث يستمد منه الحركة بواسطة ترس عند نهايته من أسفل تعشق مع ترس مماثل على عمود الكامات . يعتبر عمود الإدارة هو المسئول عن تشغيل موزع الشرارة .

- كامة التوزيع Distributor cam

لفتح و قفل نقاط التلامس (الأبلاتين).

- مقدم الشرارة الميكانيكي Mechanical advance unit

لتقديم الشرارة آليا عند زيادة سرعة السيارة .

- شاكوش توزيع الشرارة على كابلات البوجيهات .

- غطاء الاسبراتير Distributor cap

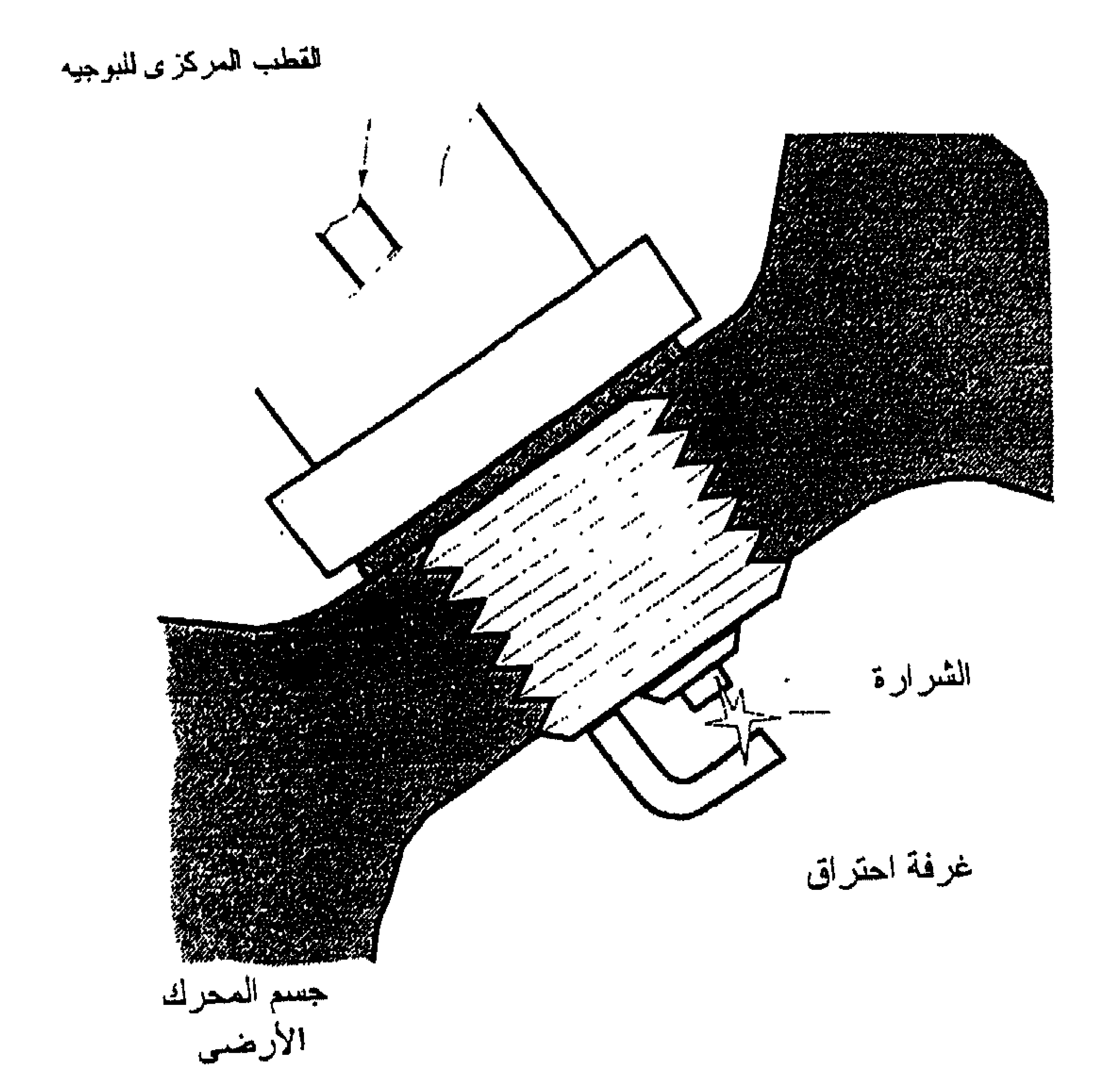
و يصنع من مادة عازلة مثل البكالايت Bakelite و توجد حول قمته من الخارج فتحات اسطوانية بعدد اسطوانات المحرك. تخرج منها الكابلات التي توصل الشرارة إلى البوجيهات. توجد بهذه الفتحات أقطاب نحاسية تخترق جدار الغطاء إلى الداخل لتلقي الشرارة من شاكوش التوزيع. أما الفتحة الموجودة في منتصف قمة الغطاء فهي مخصصة للكابل القادم من ملف الإشعال، حيث ينقل الشرارة إلى شاكوش التوزيع عن طريق زر كربوني بياى في الداخل. يتم في المعتاد تثبيت الغطاء بجسم الأسبراتير بواسطة كلبسين من المعدن المرن، أو مسمارين قلاوظ. وفي جميع الأحوال يوجد بروز في أسفل الغطاء من الداخل يقابله تجويف مماثل في جسم الاسبراتير (أو العكس) لضمان تركيب الغطاء في الوضع الصحيح. كما يوجد بجانب مخرج كل كابل على غطاء الاسبراتير رقم الاسطوانة المناظرة .

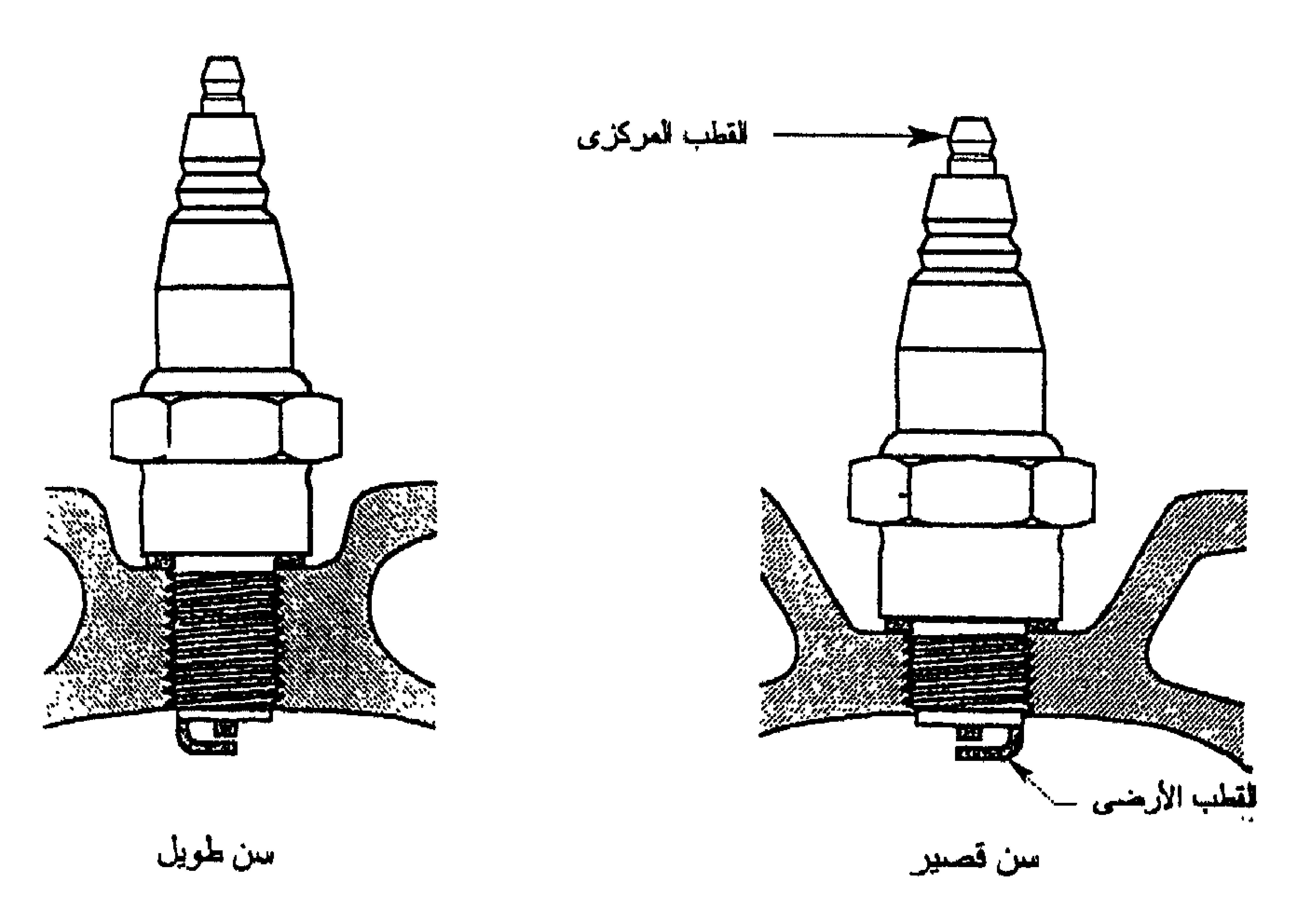
- وحدة تقديم الشرارة بالتخلخل Vacuum advance unit:

وظيفة هذه الوحدة هي تأخير توقيت الشرارة أتوماتيكيا عند الأحمال الكبيرة، و هي عبارة عن تجويف مقسم من المنتصف بغشاء من المطاط Diaphragm مثبت به من ناحية الاسبراتير قضيب متصل بقاعدة الموزع ، بحيث يمكنه تحريكها حركة دورا نية بسيطة حول عمود الإدارة. أما التجويف المقابل فهو موصل بفتحة خاصة في الكربراتير (في الغالب أسفل صمام الخانق بأنبوبة فنشوري) بواسطة خرطوم من البلاستيك القوي .

- شمعات الشرارة **Spark plugs**

شمعات الشرارة (البوجيهات) Spark plugs هي مصدر الشرارة الكهربائية داخل الاسطوانات ، ولذلك فهي موجودة بالمحرك بعدد الاسطوانات وتكون مثبتة في تجويفات مقلوظة في رأس الاسطوانات بحيث تكون أقطابها داخل الجزء العلوي للاسطوانات (غرف الاحتراق) حيث يحدث إشعال الشحنة . شمعة الشرارة لها قطبين أحدهما مركزي يمر بمحور الشمعة ، وهو محاط بمادة السيراميك العازلة، ويحمل الشحنة من مزع الشرارة، و القطب الآخر ارضي متصل بجسم الشمعة كما هو موضح في الشكل (7-14). مادة السيراميك العازلة بين القطبين تكون من القوة بحيث تحافظ على تماسك بنيان الشمعة. ويلاحظ وجود وردة بعد نهاية القلاوظ تعمل على إحكام القفل بين جسم المحرك والشمعة عند تثبيتها و تعمل أيضا على منع تسرب الغازات من الاسطوانات عند تشغيل المحرك. وأحيانا يستعاض عن هذه الوردة بجعل قاعدة الشمعة مشطوفة يقابلها شطف مماثل من الداخل في فتحة التثبيت، مما يساعد على إحكام القفل و منع التسرب. كما يلاحظ ان بعض البوجيهات ذات سن طويل، و البعض الآخر ذات سن قصير.



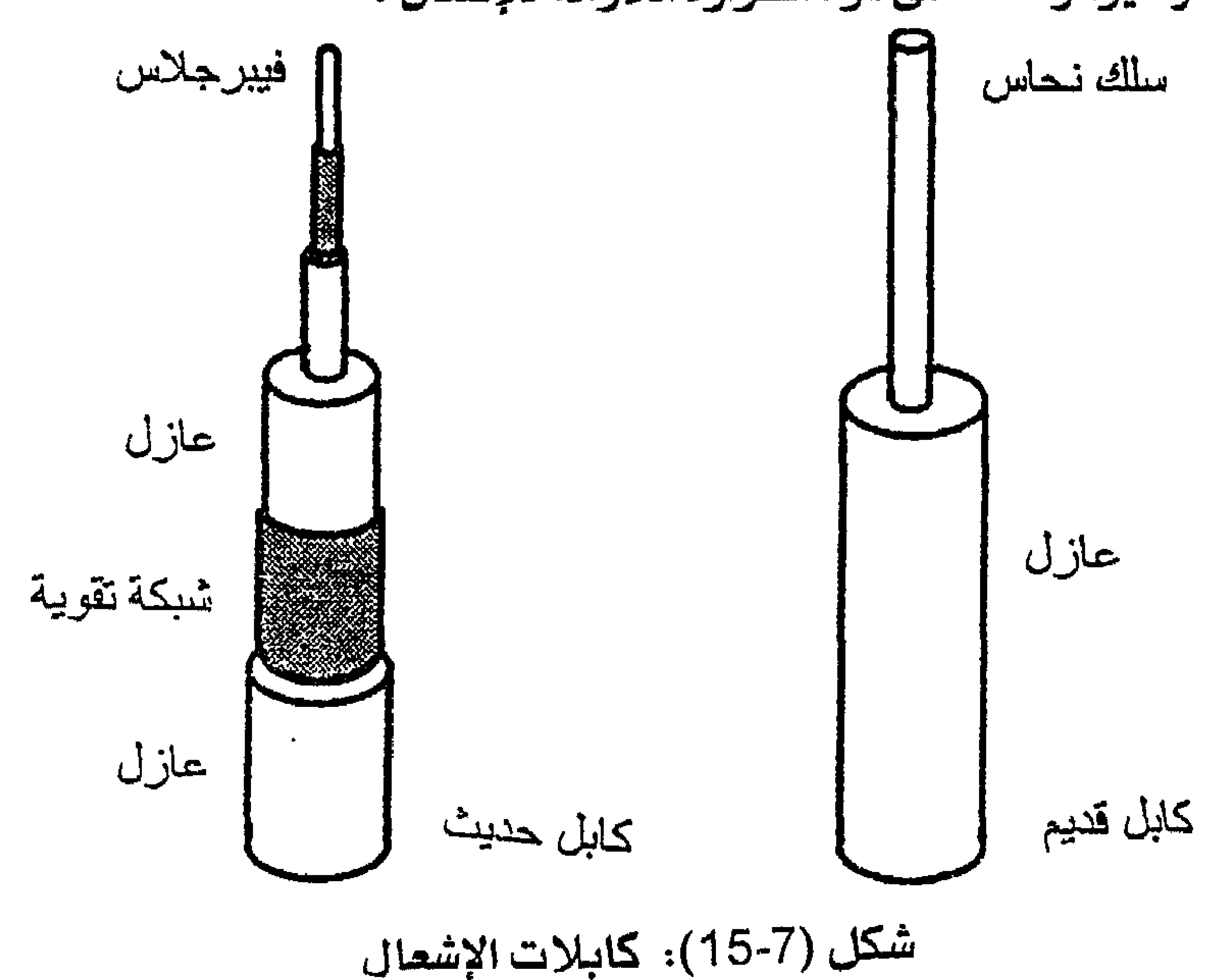


شكل (7-14): شماعات الإشعال (البوجيهات)

عندما ينتقل الضغط العالي من كابل الإشعال إلى القطب المركزي للشمعة فانه يقفز إلى القطب الآخر عبر المسافة الصغيرة بينهما (فتحة البوجية spark plug gap) على شكل شرارة كهربية كافية لإشعال خليط الوقود و الهواء المضغوط داخل غرفة الاحتراق. أي أن الشرارة تعود إلى جسم المحرك (الأرضي) ثم الى الطرف السالب للبطارية مرة أخرى لتكتمل الدورة الكهربائية .

كابلات توزيع الشرارة Ignition cables

و تسمى أيضا كابلات الإشعال أو كابلات البوجيهات ،و هي بعدد البوجيهات في المحرك بالإضافة إلى الكابل الذي ينقل الضغط العالي من ملف الإشغال إلى غطاء موزع الشرارة .كانت هذه الكابلات تصنع من سلك دقيق من النحاس تحيطة طبقة عازلة سميكة من المطاط كما هو موضح في شكل (7-15) ولكن هذا النوع يسبب شوشرة على موجات الراديو و اللاسلكي بسبب شدة التيار به ،حيث أن النحاس موصل جيد . ولهذا السبب فان الكابلات الحديثة تصنع من الفيبرجلاس المحاط بعدة طبقات من العوازل المطاطية، و طبقات تقية لحمايته كما هو موضح بالشكل .ارتفاع المقاومة الكهربائية للفيبرجلاس يحد من شدة التيار بحيث تزول الشوشرة ،ولا يؤثر ذلك على قوة الشرارة اللازمة للإشعال .



شكل (7-15): كابلات الإشعال

نظرية عمل نظام الإشعال العادي

يتكون نظام الإشعال من دائرتين، هما الدائرة الابتدائية و الدائرة الثانوية كالآتي:

الدائرة الابتدائية primary circuit :

تسمى أيضا دائرة الضغط المنخفض، حيث أن الفولت بها لا يتعدى 150 volt.

تتكون هذه الدائرة من البطارية و مفتاح التشغيل و الابلاتين والمكثف و الملف الابتدائي في البوبينة .

الدائرة الثانوية secondary circuit:

تسمى أيضا دائرة الضغط العالي، حيث أن الفولت بها يصل إلى15000 volt

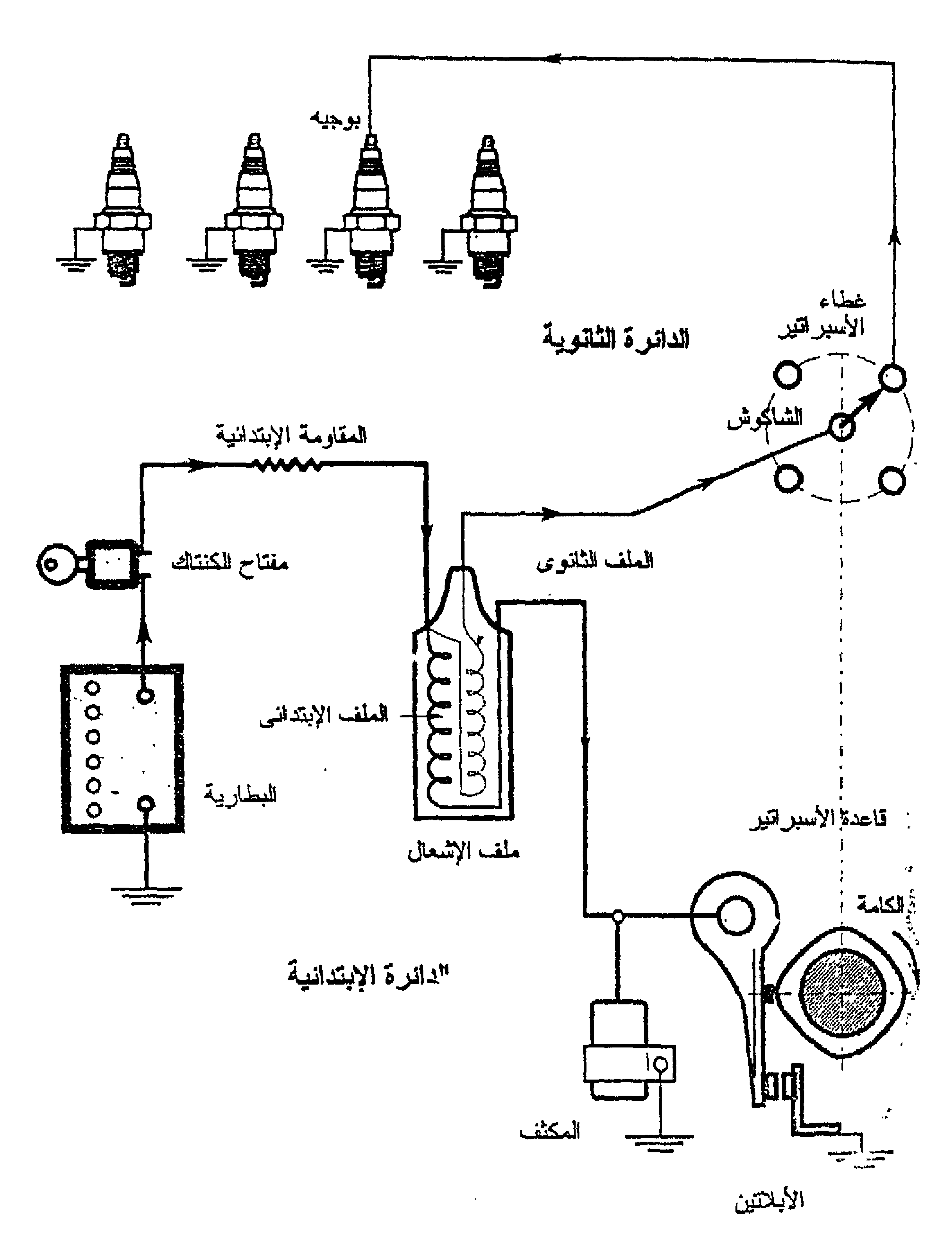
وتتكون من الملف الثانوي في ملف الاشتعال وغطاء موزع الشرارة وشاكوش التوزيع و الكابلات و البوجيهات .

ويوضح شكل (7-16) رسم تخطيطي لدائرتي نظام الإشعال الابتدائية والثانوية، حيث يلاحظ أن ملف الإشعال يشترك في كل من الدائرتين بملفيها الابتدائي و الثانوي على التوالي .

كيفية توليد الشرارة

عند إدارة المحرك بواسطة مفتاح التشغيل، يدور عمود الكامات بنصف سرعة عمود الكرنك. و حيث أن عمود الإدارة في موزع الشرارة يستمد حركته من عمود الكامات، فانه يبدأ في الدوران بنفس السرعة، و بالتالي تدور معه كامة موزع الشرارة. بدوران كامة الاسبراتير تبدأ في التأثير على نقاط تلامس الابلاتين بحيث تقفلها او تفتحها حسب وضع الكامة.

عندما تقفل نقاط التلامس في الابلاتين يمر التيار الكهربائي من البطارية (12 volt) خلال مفتاح التشغيل إلى الملف الابتدائي لملف الإشعال إلى نقطتي الابلاتين إلى الأرضي (حيث أن إحدى نقطتي الابلاتين متصلة بالأرضي) ثم إلى الطرف السالب للبطارية مرة أخرى .



شكل (7-16) : رسم تخطيطي لدائرتي نظام الإشعال الابتدائية والثانوية

يـزداد هـذا التيـار مـن الصـفر إلى أقصـى قيمـة لـه، حيـث ينشـا مجـال مغناطيسي، تزداد شدته مع التيار، خلال الملف الابتدائي وأيضا خلال الملف الثانوي فكل من الملفين لهما نفس القلب الحديدي Iron core.

باستمرار دوران الكامة تفتح نقاط الابلاتين عندما يصل التيار الابتدائي و المجال المغناطيسي أقصى قيمة لهما . وبذلك يتوقف التيار في الدائرة الابتدائية و الملف الابتدائي، وينتج عن ذلك انهيار سريع للمجال المغناطيسي.

في الواقع يكون فتح نقاط الأبلاتين أسرع من قفلها ، ولهذا السبب يكون انهيار المجال المغناطيسي أسرع بكثير من بنائه في الملف الابتدائي، بحيث يتولد به جهد تأثيري Induced voltage يقدر بحوالي 150 volt.

و حيث أن ملف الإشعال يعمل كمحول رفع Set-up transformer، فان نبضة الجهد هذة ترتفع في الملف الثانوي إلى 15000 volt تقريبا، أي أن الرفع يتم بنسبة 100 مرة وهي نفس نسبة عدد اللفات بين الملف الثانوي و الملف الابتدائي (وهي القاعدة المعروفة للمحول الكهربائي).

تنتقل شحنة الجهد العالي هذه عبر كابل الإشعال إلى الطرف المركزي في غطاء الأسبراتير ، ثم يتم توزيعها بواسطة شاكوش التوزيع إلى احد البوجيهات عن طريق الكابل الخاص به . فهذا الشاكوش يدور مع عمود الإدارة ليوزع الجهد العالي على الاقطاب المناظرة للبوجيهات في غطاء الاسبراتير بترتيب محدد (ترتيب الإشعال Firing order) . تقفز هذه الشحنة ذات الجهد العالي من القطب المركزي للبوجيه إلى الطرف الأرضي عبر المسافة الصغيرة بينهما على شكل شرارة تتسبب هذه الشرارة في احتراق (انفجار) خليط البنزين و الهواء داخل غرف الاحتراق .

باستمرار دوران الكامة تغلق نقاط الأبلاتين ثم تفتح مرة أخرى و تتكرر الخطوات السابقة لتوزيع الشحنة ذات الضغط العالي لتحدث شرارة على بوجيه اسطوانة أخرى .... وهكذا يبدأ المحرك في إدارة نفسه ذاتيا بفضل الطاقة الحرارية المتولدة في الاسطوانات .

المقاومة الابتدائية Primary resistance

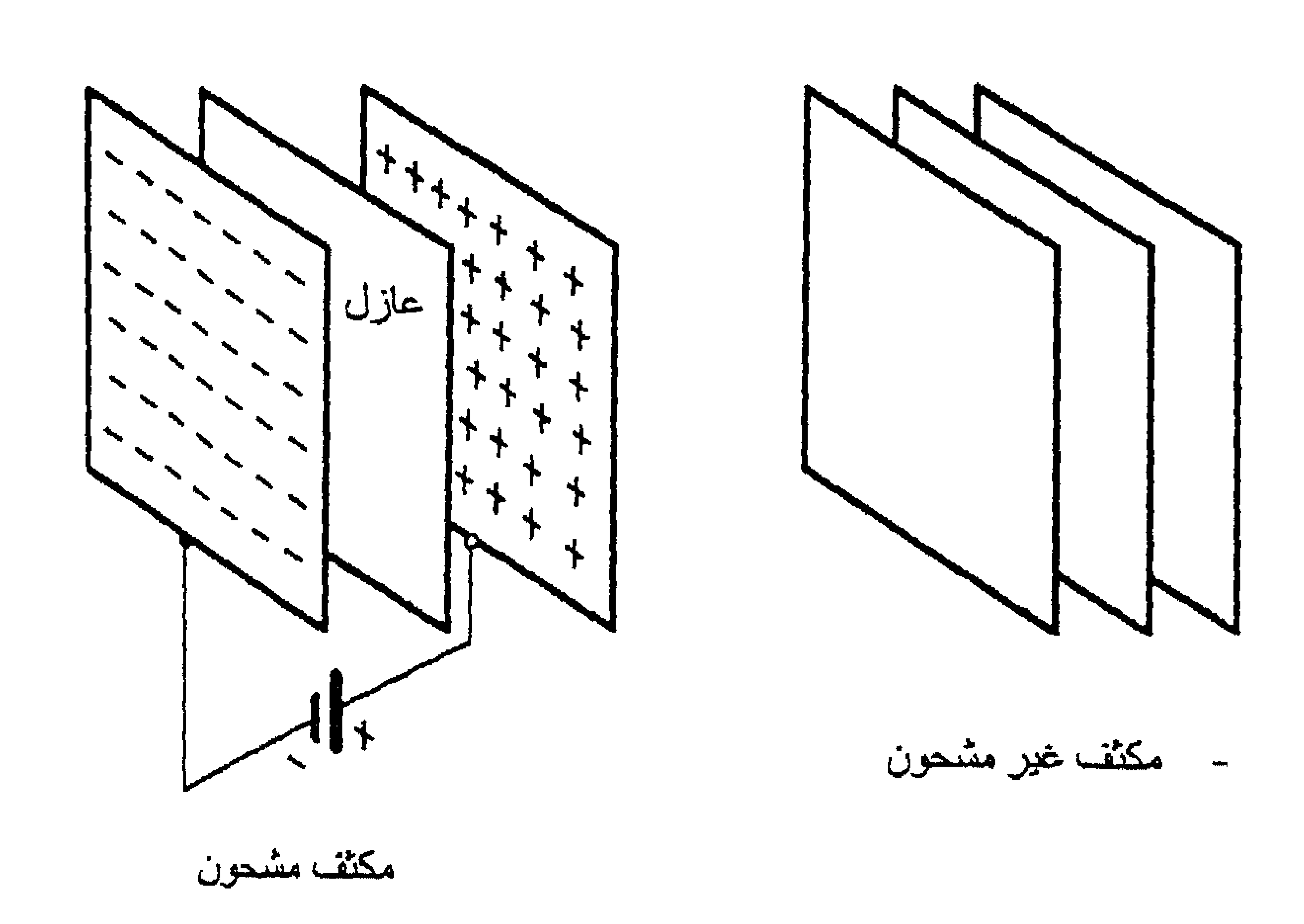
يحتاج المحرك إلى شرارة قوية عند بدء تشغيله على البارد. ولكن استمرار قوة الشرارة أثناء الإدارة العادية قد يتلف مكونات نظام الإشعال. ولهذا السبب يتم وضع مقاومة ابتدائية في دائرة الإشعال الابتدائية . وهي مقاومة حرارية تزداد قيمتها بارتفاع درجة الحرارة ، لتخفيض التيار الابتدائي و بالتالي قوة الشرارة تدريجيا إلى الحد المناسب للتشغيل العادي .

المكثف Condenser

المكثف عضو مهم للغاية، فلا يمكن لنظام الإشعال أن يعمل بدونه. كما أوضحنا سابقا أنه في اللحظة التي يبدأ فيها انفصال نقطتي الابلاتين، يقفز الضغط في الملف الابتدائي الى 150 فولت. ويكون هذا الضغط كافيا لتمرير معظم الطاقة المحترقة في المجال المغناطيسي للملف الابتدائي على شكل شرارة بين نقطتي الأبلاتين، قبل أن تصل المسافة بينهما إلى أقصى قيمة لها عند الفتح الكامل. و بالطبع تؤدي هذه الشرارة عند حدوثها إلى احتراق نقطتي الأبلاتين و انصهارها. هذا بالإضافة إلى فقد الطاقة الكهربية التي كانت سوف يتم نقلها إلى الملف الثانوي عند الضغط العالي اللازم لتوليد الشرارة. أي أن الشرارة سوف تنعدم أو تكون ضعيفة جدا و غير قادرة على إشعال الوقود وتشغيل المحرك في حالة عدم وجود مكثف في الدائرة أو تلفه .

المكثف كما هو موضح في شكل (7-17) موصل على التوازي بين نقطتي الأبلاتين، و يمثل المسار الأسهل للشحنة . فانه من الأسهل للتيار أن يمر إلى المكثف بدلا من القفز الصعب عبر نقطتي الابلاتين على شكل شرارة. يختزن هذا التيار على شكل شحنة كهربائية في المكثف تعود إلى الملف الابتدائي عندما يتم فتح نقطتي الأبلاتين تماما و يزول خطر حدوث شرارة بينهما، أي أن المكثف يختزن طاقة الملف الابتدائي مؤقتا في بداية فتح الأبلاتين بحيث تكون المسافة بين النقطتين صغيرة وهناك احتمال حدوث شرارة بينهما، ينقل المكثف هذه الطاقة مرة أخرى إلى الملف

الابتدائي عندما تصل المسافة بين نقطتي الأبلاتين إلى أقصى قيمة لها ويزول خطر حدوث شرارة بينهما .



طرف المكثف

رقائق ألمنيوم

ورق

شكل (7-17): المكثف Condenser

نظام الإشعال الالكتروني Electronic Ignition System

معظم المحركات الحديثة تعمل بنظام الإشعال الالكتروني Electronic Ignition System . مكونات هذا النظام يشترك مع نظام الإشعال العادي في البطارية ، مفتاح الإشعال ، الموزع ، ملف الإشعال (البوبينه) و الشمعات . بالإضافة إلى ذلك يحتوي نظام الإشعال الالكتروني على وحدة التحكم الالكتروني
Electronic control unit (ECU) كما هو موضح بشكل (7-18) الذي يبن رسم تخطيطي لهذا النظام . الأسبراتير هنا لا يوجد به أبلاتين ذات نقاط تلامس ، بل يوجد بدلا منه نظام لتوليد النبضات المغناطيسية
Magnetic pulsing system ، يرسل إشارات نبضية إلى وحدة التحكم الالكتروني EUC تتسبب في تقطيع التيار الابتدائي بصورة مماثلة لما يفعله الابلاتين في نظام الإشعال العادي . من المعروف أن فتح و قفل الدوائر الكهربية يكون أسرع بكثير إذا كان يتم بطريقة الكترونية بدلا من الطريقة الميكانيكية المتبعة في نظام الإشعال العادي (فتح و غلق نقاط التلامس بين الابلاتين) و لهذا السبب يكون انهيار المجال المغناطيسي أسرع بكثير في نظام الإشعال الالكتروني ، وبالتالي يكون الجهد التأثيري المتولد في الملف الابتدائي في البوبينة اكبر ، حيث يمكن أن يصل إلى 200 فولت .

يرسل ملف الإشعال نبضات مماثلة في التوقيت (ولكن ذات ضغط عالي) إلى غطاء الاسبراتير الذي يقوم بتوزيعها على البوجيهات حسب ترتيب الإشعال ، كما يحدث في نظام الإشعال العادي . نظام توليد النبضات المغناطيسية هو البديل للكامة و الأبلاتين في نظام الإشعال العادي ، حيث يوجد في قاعدة الاسبراتير عضو دوار بملف Armature يقوم بتوليد النبضات المغناطيسية .

أما ملف الإحساس Sensor coil (Pickup coil) فانه يرسل هذه النبضات على شكل إشارة متقطعة إلى وحدة التحكم الالكتروني ECU ، فتعمل

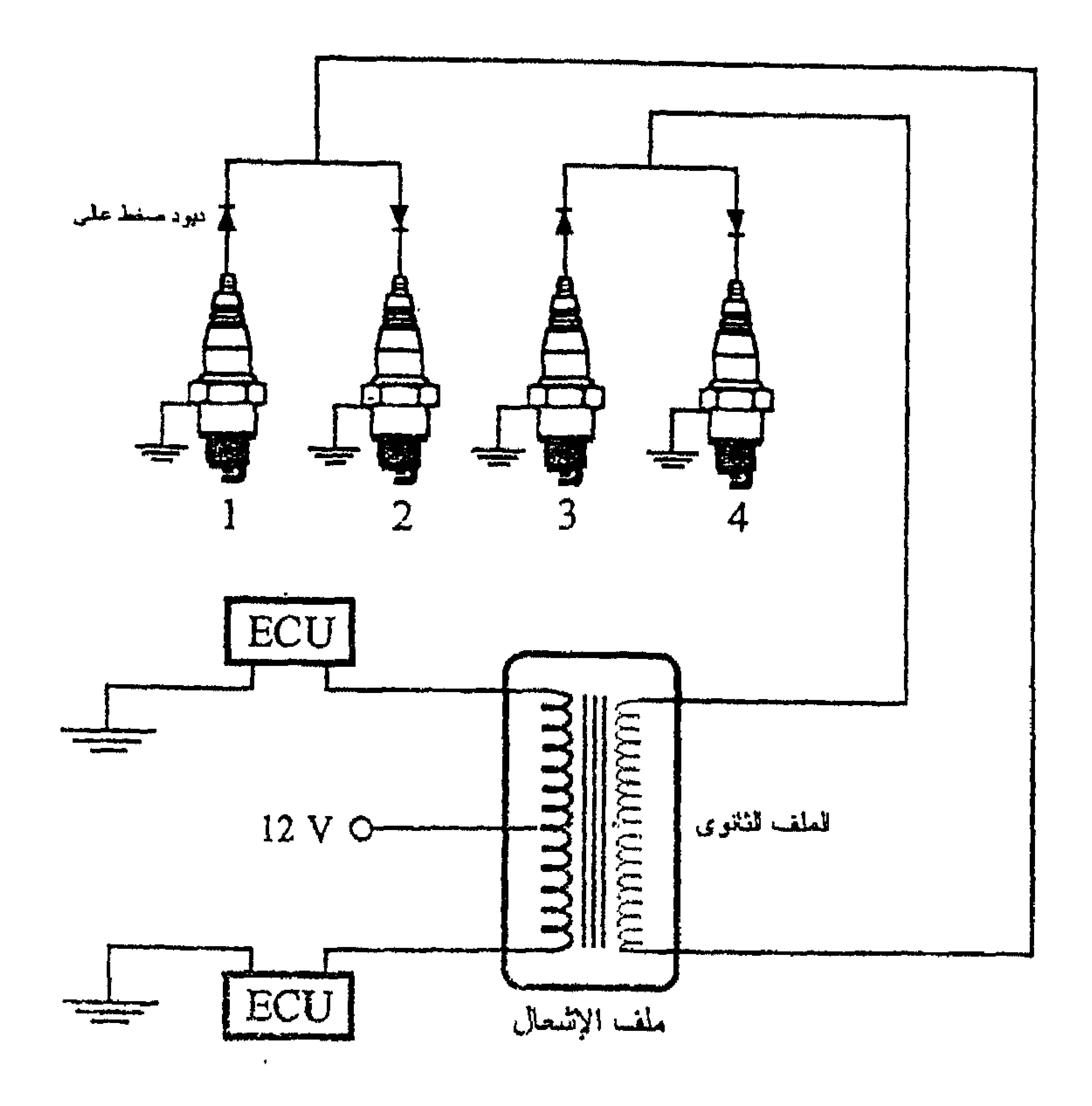
الدائرة الالكترونية بها على فتح و غلق التيار الابتدائي في ملف الإشعال بتوقيت محدد .

من الجدير بالذكر أنه لا يوجد فرق بين الدائرة الثانوية في نظام الإشعال الالكتروني و نظام الإشعال العادي . فقط تتميز كابلات الضغط العالي في نظام الإشعال الالكتروني بأنها أكبر سمكا من مثيلتها في نظام الإشعال العادي . و ذلك لأن سمك العازل فيها أكبر بسبب ارتفاع الضغط العالي في نظام الإشعال الالكتروني .

نظام إشعال الكتروني بدون موزع Distributor less Ignition system

تنافس شركات السيارات العالمية في إنتاج تصميمات متطورة لأنظمة الإشعال الالكتروني . فقد أنتجت احدى الشركات نظام الإشعال الكتروني بدون موزع شرارة (أسبراتير) Distributor less Ignition system في المحرك ذات الأربعة اسطوانات تعتمد فكرتة على توليد شرارة - جهد عالي عند طرفي بوجهين في نفس الوقت . تنطلق الشرارة بين احدى الاسطوانتين في شوط العادم و بذلك تكون غير ذي أهمية ، بينما تكون الاسطوانة الأخرى قرب نهاية شوط الانضغاط، وهي الشرارة المؤثرة و التي تحدث إشعال الشحنة .في هذا النظام ينقسم الملف الابتدائي إلى قسمين متساوين كما هو موضح في شكل (7-19) يغذي كل منهما ECU منفصلة تأخذ إشارة تشغيلها مباشرة من عضو حساس Sensor مثبت على عمود الكرنك .

عند مرور التيار الابتدائي على سبيل المثال في الجزء العلوي من الملف الابتدائي ينشأ حث مغناطيسي في القلب الحديد ، بحيث تتولد شحنة ضغط عالي (عند انهيار هذا الحث) تبدأ الالكترونات بالمرور من الطرف العلوي للملف الثانوي إلى البوجيه رقم 3 إلى الأرضي حيث أن الديود المثبت على البوجيه رقم 4 يمنع مرورها . في نفس الوقت تمر هذه الالكترونات من الأرضي إلى القطب المركزي للبوجيه رقم 2 حيث يسمح اتجاه الديود المثبت عليه بذلك .



شكل (7-18): نظام إشعال الكتروني بدون موزع شرارة (أسبراتير)

أي أن الشرارة تحدث في نفس الوقت عند طرف البوجيهات 3 ، 2، و لكنها تكون في احديهما مؤثرة و تتسبب في إشعال الشحنه قرب نهاية شوط الانضغاط ، بينما تكون في الاسطوانة الأخرى غير ذات أهمية حيث تحدث خلال شوط العادم .في نصف اللفة التالية لعمود الكرنك تكون المكابس داخل الاسطوانة 4 ، 1، متحركة إلى أعلى ، ولكن أحدهما يكون في شوط الانضغاط بينما يكون الآخر في شوط العادم . وبذلك تكون الشرارة مؤثرة فقط في احديهما بينما تكون غير ذات أهمية في الاسطوانة الأخرى . باستمرار الدوران ، يحدث إشعال في الاسطوانات الأخرى حسب بترتيب الإشعال .

مزايا الإشعال الالكتروني

يتميز نظام الإشعال الالكتروني بالاتي :

- سرعة الاستجابة لتغيرات الفولت .
- يحتاج إلى صيانة أقل من نظام الإشعال العادي .
- لا يوجد به أبلاتين أو مكثف يلزم تغييريهما باستمرار .
- يمكن في هذا النظام توليد ضغط عالي أكبر من النظام العادي ، مما يؤدي إلى توفير في استهلاك الوقود ، حيث أن هذا الضغط العالي يكون قادرا على إشعال شحنة أضعف.
- تقوم ECU بتقديم الشرارة أتوماتيكيا عند زيادة سرعة المحرك أو انخفاض الحمل . أي أنه ليست هناك حاجة إلى استخدام وحدة التقديم بالطرد المركزي أو وحدة التخلخل المستخدمين في نظام الإشعال العادي .

ومازالت أغلب السيارات تستخدم نظام الإشعال العادي لبساطته و رخص ثمنه ، علاوة على سهولة صيانته و اصلاحه.

بعض المصطلحات الفنية المستخدمة فى هذا الجزء

يعطى هذا الملحق مرجعاً مصغراً عن مصطلحات المحرك الواردة فى هذا الجزء بغرض استعادة ذاكرة القارئ وتذكيره بسرعة بمصطلحات المحركات التى يحتاجها. فى حين توجد بالكتاب تعاريف وإيضاحات أشمل وأكثر .

A	
Accelerator	معجل
Accelerator Pump	مضخة التعجيل
Air Cleaner "Air Filter"	فلتر الهواء
Air Fuel Ratio	نسبة خلط الهواء إلى الوقود
Air Pressure	ضغط الهواء
Ampere	أمبير
antiknock	مانع الدق
Atmospheric Pressure	الضغط الجوى
B	
Battery	بطارية
Backfiring	اشتعال خلفى
Bearing	محمل كرسى
Bearing Caps	أغطية الكرسى
Big End	النهاية الكبرى لذراع التوصيل
Blow - By	تسرب الغازات
Brake	فرملة

C	
Calorific value "Heating"	القيمة الحرارية
Carbon	كربون
Carbon Dioxide	ثانى أكسيد الكربون
Carbon Monoxide	أول أكسيد الكربون
Carburetor	الكربيراتير (المغذى)
Centrifugal Force	القوة الطاردة المركزية
Cetane	سيتين
choke	خانق
Closed Cooling System	نظام التبريد المغلق
Combustion	الاحتراق
Combustion Chamber	غرفة الاحتراق
Compressed Air	هواء مضغوط
Compression Gauge	جهاز بيان ا الانضغاط
Condenser	مكثف
Cooling Fan	مروحة التبريد
Cooling Fine	زعانف التبريد
Cooling Surface	سطح التبريد
Cooling Jacket	قميص التبريد
Cooling System	دورة التبريد
Crankcase Ventilator	متنفس علبة المرفق
Cranking Motor	محرك الإدارة الكهربى
Cross Firing	إشعال مخالف
Cut-Out	قاطع التيار

Cylinder Sleeves	بطانة الإسطوانة
D	
Detonation	الصفع
Dry Friction	احتكاك جاف
Dry liner	قميص جاف
Efficiency	كفاءة
Electric System	النظام الكهربائية
Ethyl	إيثيل
Exhaust Gas Analyzer	جهاز تحليل غازات العادم
Exhaust Gas Turbine	تربين غاز العادم
Exhaust Manifold	مجمع العادم
Exhaust Ports	فتحات العادم
(F)	
Fahrenheit Scale	التدريج الفهرنهيتى
Fan	مروحة
Float Chamber	غرفة العوامة
Fuel Consumption	استهلاك الوقود
Friction	احتكاك
Fuel Filter	مرشح الوقود
Fuel Injection Pump	مضخة حقن الوقود
Fuel Pump	مضخة الوقود
Fuel Nozzle	نافورة الوقود
Fuel System	دورة التغذية بالوقود
Fuel Tank	خزان الوقود

(G)	
Gasket	الحشو
Gasket Cement	لصاق الحشية
Gasoline	البنزين (جازولين)
Generator	المولد
Greasy Friction	الاحتكاك الانزلاقى
Governors	منظمات
(H)	
Heat – control valve	صمام التحكم فى الحرارة
Heat Dam	خزان الحرارة
Heat Exchanger	مبدل حرارى
Heat Loss	الفقد الحرارى
Heat of Compression	حرارة الاحتراق
Heat of Compression	حرارة الانضغاط
Heat Regection	التخلص من الحرارة
Hydraulic Governers	منظمات هيدروليكية
Hydrometer	هيدرومتر
(I)	
Idle Circuit	دورة التباطؤ
Idling Speed	سرعة التباطؤ
Ignition Coil	ملف الاشعال
Ignition Distributor	موزع الاشعال
Ignition Spark	شرارة الاشعال
Ignition System	نظام الاشعال
Ignition Timing	توقيت الاشتعال

Intake Manifold	مجمع السحب
Intake Stroke	شوط السحب
Intake Valve	صمام السحب
(K)	
Knock	الدق
(J)	
Jet	نافورة
(L)	
L-head Engine	محرك برأس إسطوانة شكل L
Liquid Petroleum Gas (LPG)	غاز بترولى سائل
Lubricating System	نظام التزييت
Lugging	حالة التحميل العالى
Muffler	كاتم الصوت
(O)	
Octane	أوكتين
Oil Filter	فلتر (مرشح) الزيت
Oil Pan	حوض الزيت
Oil Pump	مضخة الزيت
Oil Seal	مانع تسرب الزيت
Orifice	فوهة
Open Cooling System	نظام التبريد المفتوح
(P)	
Petroleum	البترول
Pollution	تلوث
Port	منفذ

(R)	
Radiator	المشع (الرادياتير)
Radiator Cap	غطاء المشع (الرادياتير)
Regulator	منظم الضغط
(S)	
Sludge	الرواسب
Scavenging Pump	مضخة الكسح
Specific Gravity	الثقل النوعى
Specific Heat	الحرارة النوعية
Specific Weight	الوزن النوعى
Solid Ignition	الحقن الجاف
Starting The Engine	بدء إدارة المحرك
Starter	موتور بدء الحركة
Starting Moor	محرك البدء الكهربى
Strainer	مصفاه
(T)	
Tetraethyllead	ثالث إثيل الرصاص
Thermal Efficiency	الكفاءة الحرارية
Thermal efficiency	منظم حرارى
Thermostat	منظم حرارى (الثروموستات)
Throttle Valve	صمام اختناق
(V)	
Vacuum	تفريغ
Vacuum Gauge	مقياس التفريغ

Vapor lock	عائق بخارى
Velocity	سرعة
Venturi	فنشورى
viscosity	لزوجة
Viscous	لزج
Viscous Friction	احتكام لزج
Volatility	التطايرية
Volt	فولت
voltmeter	فولت ميتر
(W)	
Water – distributing tube	أنبوبة توزيع المياه
Water Jacket	قميص التبريد
Water Pump	مضخة المياه

المراجع

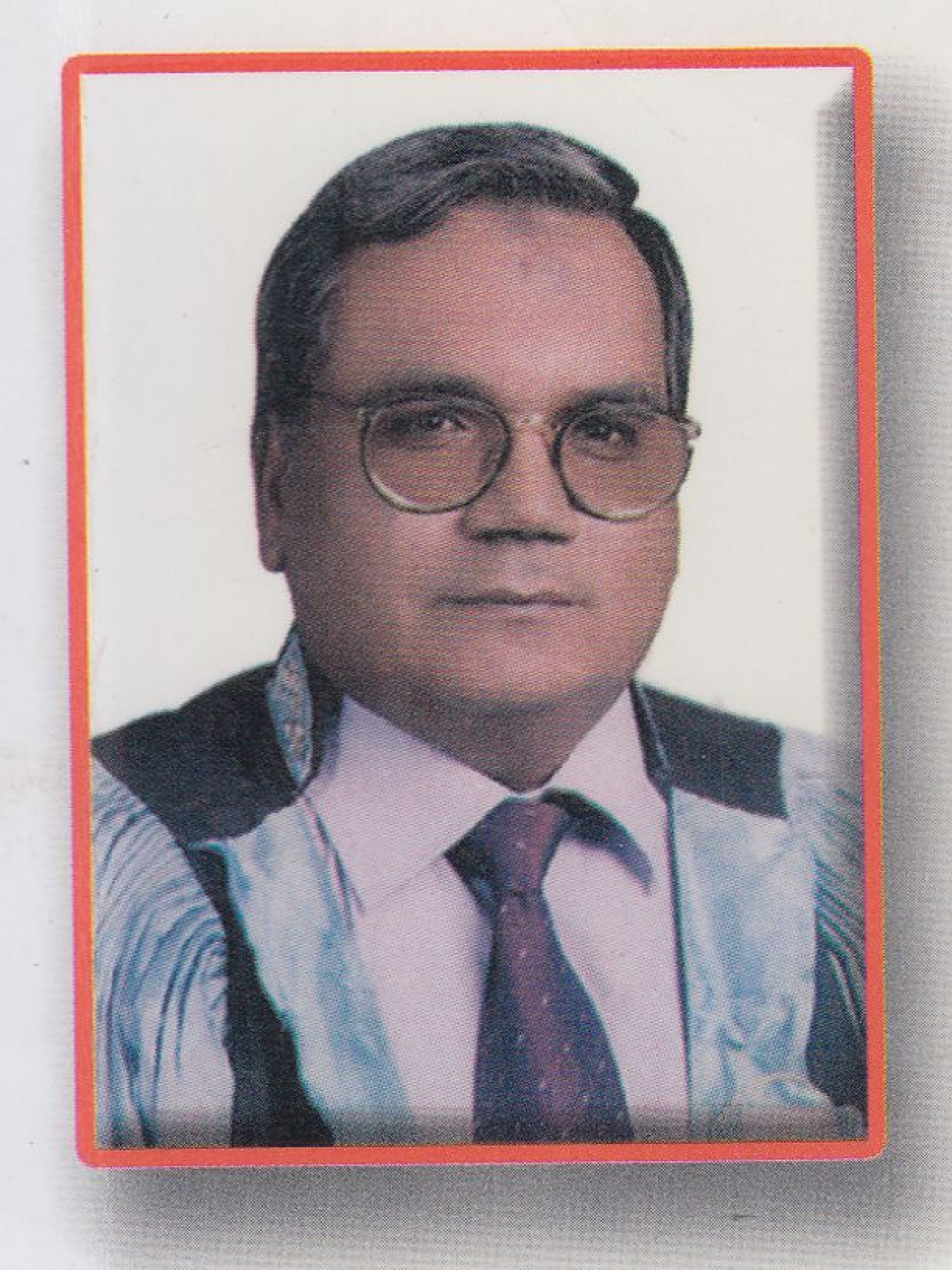
مراجع باللغة العربية:

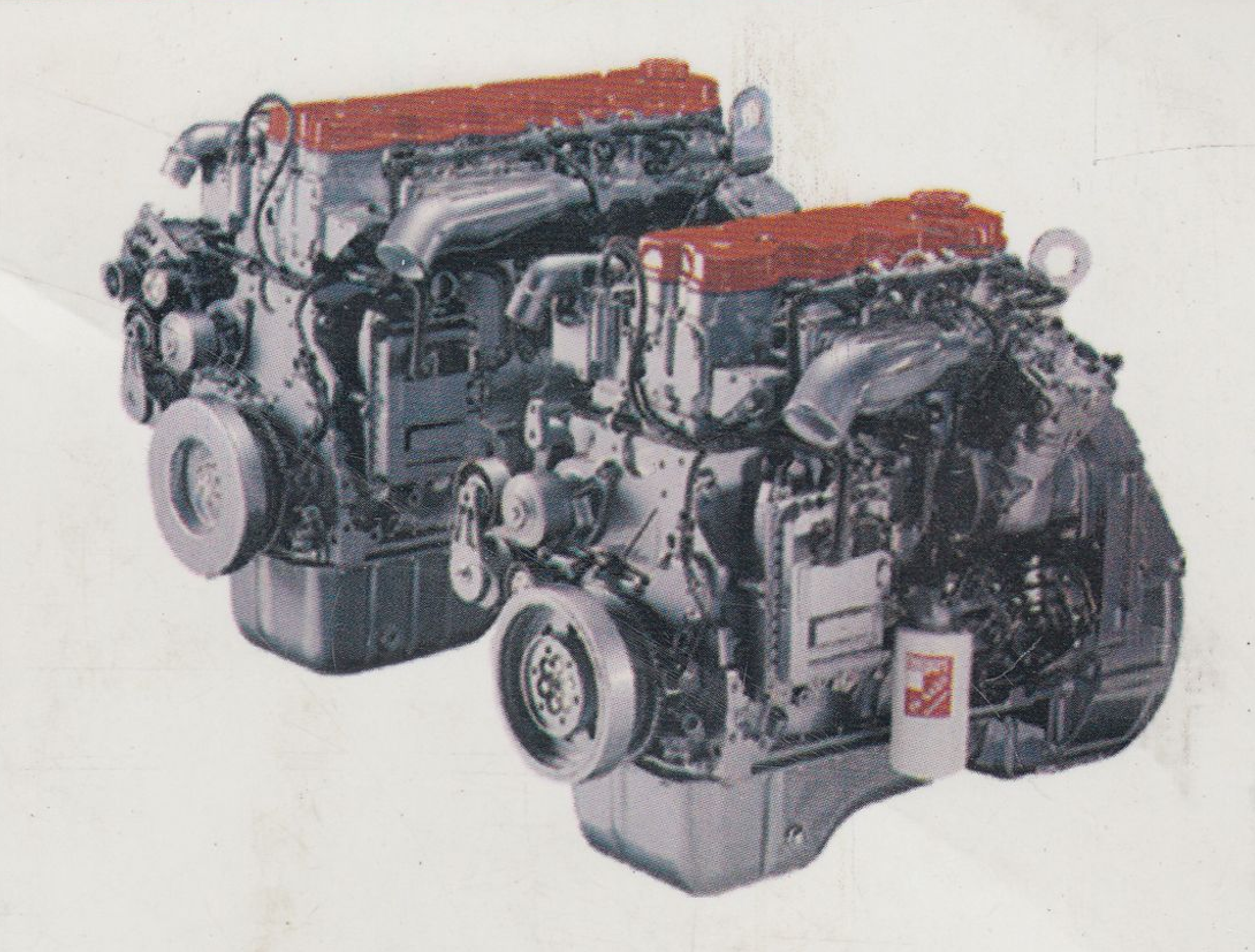
- احمد محمود على – محمد عباس عبد الشافى – على رافت 1997 " المحركات الحرارية – وزارة التربية والتعليم.
- السعيد رمضان العشرى، 2007: محرك الاحتراق الداخلى (انواعه ومكوناته ونظريات التشغيل مكتبة بستان المعرفة للطبع ونشر الكتب - كفر الدوار-مصر
- السعيد رمضان العشرى، 2006: طرق تجريبية فى هندسة الجرارات - مكتبة بستان المعرفة للطبع ونشر الكتب - كفر الدوار-مصر.
- السعيد رمضان العشرى 2002 : محركات الأحتراق الداخلى - مكتبة بستان المعرفة للطبع ونشر الكتب - كفر الدوار-مصر
- بواقيم كوتراد: هندسة الجرارات. مؤسسة الأهرام بالقاهرة بالأشتراك مع المؤسسة الشعبية للتأليف بليبزج.
- عبد الفتاح إبراهيم عبد الفتاح 1971 محركات الاحتراق – دار المعارف – الاسكندرية.
- حلمى السيد جاد، تكنولوجيا السيارات. كلية الهندسة ـ جامعة المنصورة
- ويليام هـ ز كرواس "ميكانيكا السيارات"ترجمة أحمد عباس الشربينى – مجموعة الكتب المدرسية والمراجع الأمريكية المترجمة – وزارة التربية والتعليم.
- مواقع على شبكة المعلومات الدولية للإنترنت المتعلقة بالمحركات. 2009

مراجع باللغة الإنجليزية

- ASTM. 1972. Single-Cylinder engine tests for evaluating the performance of crankcase lubricants (abridged procedure). ASTM special publication 509. Philadelphia
- Civens, larry. "The Diesel Engine: Today and Tomorrw." Automotive Engineering, June 1976.
- Domkundwar, A.V Internal Combustion Engines. 2005
- Goering. C.E 1989. Engine and tracror Power. St. 'Joseph, MI: ASAE
- Gagan Kapur for Dhanpal Rai & Co. Naisarak, Delhi.
- Ian Chisholm, "Automobile Engine and Vehicle Tehnology" McGraw-HILL Book Company (UK) Limited, 1984.
- Johan B. Heywood. Internal Combustion Engine Fundamentals, McGraw – Hill Book Company
- Lichty, L.C. 1976. Combustion engine processes. McGraw-Hill Book Company, New York.
- Moyer, J.A., J. P. Calderwood, and A.A. Potter. Elements of Engineering Thermodynamics, 6th ed. John Wiley & Sons, New York, 941
- Obert, E,F. 1973. Internal Combustion Engines and Air Pollution New York: Haraper & Row.
- Taylor, C.F. The Internal-Combustion Engine in Theory and Practice, 2nded. Johan Wiely & Sons New York, 1966.
- William H. Crouse, "Automotive Mechanics", McGraw-Hill Book Company (New York) Limited, 1956.

المحتويات





المؤلف
أ.د/ السعيد رمضان العشرى







I.S.B.N : 977-393-077-7